МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

ИНСТИТУТ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК И МАТЕМАТИКИ

Кафедра физики конденсированного состояния и наноразмерных систем
Школа наук

РАЗВИТИЕ ПРИРОДНОЙ МЕТАСИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ БИОХОМОЦЕНОЗА

Направление подготовки 27.04.05 «Инноватика»
Образовательная программа «Управление исследованиями и разработками»

Директор школы наук: д.ф-м.н., проф. А.Н. Бабушкин ______________________	Магистерская диссертация: **Захарова Артура Маратовича** ______________________
Нормоконтролер: к.ф-м.н., доц. Ю.А. Кандрина ______________________	Научный руководитель: старший преподаватель Ю.И. Рягин ______________________

Екатеринбург
2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

ИНСТИТУТ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК И МАТЕМАТИКИ

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

_____________(Ю.А. Кандрина)

«10» февраля 2025 г.

Код, наименование направления: 27.04.05 «Инноватика»
Наименование программы: «Управление исследованиями и разработками»
Группа: МЕНМ-232904

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

студента Захарова Артура Маратовича

Квалификация: магистр

Провести научное исследование по теме: «Развитие природной метасистемы на основе биохомоценоза»

Срок представления работы научному руководителю: «05» июня 2025 г.

Научный руководитель ____________________(Ю.И. Рягин)
(подпись)

Задание принял к исполнению ________________(А.М. Захаров)
(подпись)

РЕФЕРАТ

Работа содержит 40 страниц, 11 рисунков, 70 источников, 5 приложений.

Ключевые слова: метасистема, биохомоценоз, природа, экология, человек, загрязнение среды, деградация территорий, изменение климата, восстановление экосистем.

Данная работа посвящена новому подходу к восстановлению деградированных территорий. Целью являлась разработка и обоснование эффективности развития природной метасистемы на основе биохомоценоза. Методология включает анализ состояния среды и существующих решений по восстановлению, введение новых терминов, разработку технологии, моделирование самоорганизации. Результаты и их новизна заключаются в возможности запускать устойчивое восстановление через точечные вмешательства-инициаторы. Область применения находится во всех естественных и антропогенных экосистемах.

Элементы работы были представлены на:

1. Международной конференции «Весенние дни науки ИнЭУ» с получением диплома второй степени за лучшее исследование.

2. Международной конференции «Российские регионы в фокусе перемен» с представлением общей логики исследования и последующей публикацией научной статьи:

«Роль патентных исследований при реализации крупных инвестиционных и инженерных проектов / А. А. Рягина, А. М. Захаров, Ю. И. Рягин. – Российские регионы в фокусе перемен : сборник докладов XIX Международной конференции – 2025. С. 402-405.»

3. Конкурсе «Студенческий патент УрФУ» с получением диплома призёра и оформлением секрета производства на вариант одного из способов, описанных в данной работе.

МЕСТО ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Данная работа выполнена в ходе обучения по программе 27.04.05 «Инноватика: управление исследованиями и разработками» в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования (ФГАОУ ВО) УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (УрФУ) имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, в институте естественных наук и математики (ИЕНиМ), на кафедре физики конденсированного состояния и наноразмерных систем под руководством Рягина Юрия Игнатьевича.

СОДЕРЖАНИЕ

ОБОЗНАЧЕНИЯ, ТЕРМИНЫ И СОКРАЩЕНИЯ

Биохомоценоз – форма взаимодействия с природной метасистемой, при которой формирующее воздействие человека запускает механизмы её самоорганизации, направленные на взаимовыгодное получение благ.

Природная метасистема – это целостная динамическая совокупность всех естественных и антропогенных процессов, объективная реальность, которую невозможно свести к отдельным компонентам или предсказать на основе их изолированного изучения.

Риск – действие в условиях неопределённости и обязательности выбора, в процессе которого имеется возможность оценить шансы достижения желаемого результата, неудач и проблем, связанных с их реализацией.

Технология – совокупность методов и инструментов для достижения желаемого результата, способ преобразования данного в необходимое.

ВВЕДЕНИЕ

Современные ландшафты всё чаще становятся ареной противоречия между необходимостью вмешательства для восстановления деградированных территорий и ограниченной эффективностью существующих методов. Традиционные подходы – масштабная мелиорация, искусственные насаждения и пр. – нередко требуют колоссальных ресурсов, но при этом игнорируют фундаментальную особенность природных систем: способность к самоорганизации. Корень проблемы кроется в парадигме, где человек пытается подменить собой естественные процессы, вместо того чтобы использовать их потенциал.

В этом контексте возникает гипотеза: возможно ли перейти от борьбы с природой к сотрудничеству, создавая условия, при которых экосистемы самостоятельно эволюционируют в сторону устойчивости и продуктивности? Такая логика предполагает принципиальный сдвиг – отказ от тотального контроля в пользу стратегически точечных, минимально инвазивных операций. Их цель – не навязать системе «идеальное» состояние, а запустить механизмы её естественного восстановления.

Данная работа воплощает эту идею. Новый подход рассматривает человека не как внешнюю силу, а как инициатора, который через серию точных «стартовых импульсов» активирует процессы самоорганизации. После этого система развивается автономно, генерируя экологические и экономические выгоды при минимальных дальнейших вмешательствах. Это не просто технический способ, а новая форма взаимодействия, где риски минимизируются не увеличением контроля, а передачей ответственности природе – единственному «специалисту», способному оптимально решать все необходимые задачи.

1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Сейчас можно выделить два взаимосвязанных подхода к анализу состояния природных территорий: через призму глобального потепления и через антропогенное ухудшение среды. Их взаимодействие затрудняет разделение причин негативных последствий, но отличие выражается в вопросах «кто виноват?» и «что делать?» (см. рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Принципиальные различия через вопросы

В дальнейшем анализе будут рассмотрены оба аспекта – климатические изменения и антропогенное воздействие, – а также их ключевые последствия: деградация территорий и сокращение биоразнообразия.

Климатические изменения, являющиеся частью естественных циклов Земли, трансформируют природные системы и условия жизни на планете [1]. Наблюдаемый рост концентрации углекислого газа в атмосфере сопровождается повышением средней глобальной температуры на 1.2°C за последние полтора столетия [2]. Эти изменения, хотя и укладываются в рамки исторических колебаний, активируют цепные реакции в природе. Например, таяние ледников Гренландии и Антарктиды, ускорившееся в четыре раза за три десятилетия [3]. Или сокращение арктического морского льда на 40% с 1979 года [4].

Изменение океанических течений, включая ослабление Гольфстрима, приводит к резким температурным контрастам между регионами [5]. Сдвиги в распределении осадков приводят к засухам в одних регионах, как бассейн Амазонки или африканский Сахель, и катастрофическим наводнениям в других – например, паводки в Пакистане (2022 г.),

затопившие треть территории страны [6]. Экстремальные погодные явления, такие как волны жары в Сибири (2020 г.), а также масштабные пожары в Канаде (2023 г.), уничтожившие 18 млн гектаров леса [7], демонстрируют возросшую интенсивность климатических аномалий.

Антропогенное загрязнение окружающей среды сейчас достигает масштабов глобального кризиса, угрожающего экосистемам и здоровью миллиардов людей [8]. Осложняется он противоречием между экологическими мерами и экономическим развитием: радикальные действия угрожают прогрессу, а бездействие – усугубляет риски для людей. Ежегодно в атмосферу, воду и почву попадают миллионы тонн токсичных веществ [9]. По данным ВОЗ, 99% населения дышит воздухом с превышением безопасных норм по загрязнению, что приводит к 7 млн преждевременных смертей ежегодно [10]. Основные источники – сжигание ископаемого топлива, промышленность и транспорт: автомобили генерируют 40% оксидов азота, провоцирующих кислотные дожди и смог [11]. В мегаполисах концентрация мелкодисперсных частиц PM2.5 превышает допустимые значения в 10–15 раз, делая города зонами повышенного риска [12].

Водные системы страдают не меньше: ежегодно в реки и океаны попадает около 400 млрд тонн отходов, включая тяжёлые металлы, нефтепродукты и микропластик [13]. Разливы нефтепродуктов, как в Мексиканском заливе (2010) или Черном море (2024) [14], уничтожают морскую жизнь на десятилетия, а микропластик, составляющий 85% океанического мусора, проникает в пищевые цепочки – от планктона до человека [15].

Почвенное загрязнение остаётся менее заметным, но не менее опасным. Пестициды, запрещённые десятилетия назад, такие как ДДТ, до сих пор сохраняются в грунте [16], а в Китае 19% пахотных земель отравлены кадмием и мышьяком из-за промышленных отходов [17]. Радиоактивное загрязнение, как в Чернобыле или Фукусиме, делает территории непригодными для жизни на столетия [18], а добыча редкоземельных металлов оставляет токсичные «хвостохранилища», отравляющие грунтовые воды [19].

Особую опасность представляют стойкие органические загрязнители – синтетические соединения, не разлагающиеся в природе. Вещества, используемые в антипригарных покрытиях и огнезащитных материалах, обнаруживаются даже в организмах арктических животных, вызывая гормональные сбои, онкологию и подавление иммунитета [20].

Технологии очистки, такие как каталитические нейтрализаторы или системы улавливания CO_2, лишь частично решают проблему [21]. Переход к циркулярной экономике, где отходы становятся ресурсами, остаётся многообещающим, но недостаточным шагом [22], а глобальная переработка сейчас охватывает лишь 9% пластика [23].

Деградация территорий, их упрощение охватывает всю планету. Ежегодно исчезает до 10 млн гектаров тропических лесов, включая Амазонию, бассейн Конго и регионы Юго-Восточной Азии [24]. Мангровые заросли сократились на 35% за последние 50 лет, что лишает прибрежные зоны 100–200 млн тонн углеродного поглощения в год [25].

Водно-болотные угодья потеряли 85% площади за три столетия [26], а торфяники Европы, ранее поглощавшие CO_2, стали источником выбросов парниковых газов [27].

Почвенная деградация охватывает 45% территорий Африки (опустынивание) [28]. В океанах 90% крупных рыбных популяций истощены [29], а 50% коралловых рифов утрачены с 1950-х годов [30]. Подобное выбивание хозяйственно ценных угодий приводит к их превращению в фактор негативной обратной связи, когда деградировавшая территория приводит к усилению первопричин её появления.

Утрата биоразнообразия – самый тревожный индикатор кризиса взаимодействия человека и природы. За 50 лет численность позвоночных сократилась на 68% [31], а около миллиона видов, по данным IPBES, находятся под угрозой исчезновения [32].

Причины утраты биоразнообразия многогранны. Браконьерство и нелегальная торговля дикими видами ($23 млрд в год) [33] поставили на грань выживания слонов (с 10 млн до 415 тыс. за век) и носорогов [34]. Инвазивные виды, как одичавшие кошки в Австралии, уничтожили 30 видов млекопитающих [35], а фрагментация ареалов из-за инфраструктуры изолирует популяции – например, орангутаны Борнео, потеряв 80% лесов, заперты в разрозненных участках джунглей [36]. Коралловые рифы, поддерживающие 25% морских видов, как уже говорилось, гибнут из-за потепления [37].

Биоразнообразие – основа экосистемных услуг: опыление, очистка воды, создание лекарств (50% препаратов имеют природное происхождение, а более 80% созданы по природному образу (миметики)) [38]. Каждое исчезнувшее растение или животное уносит с собой потенциальные открытия, а упрощение экосистем делает их уязвимыми.

Есть и успехи: создание охраняемых территорий (популяция дальневосточного леопарда выросла с 30 до 120 особей) [39], реинтродукция зубров и красных волков [40], конвенция СИТЕС [41] и «Семенное хранилище на Шпицбергене» [42]. Однако под хоть какой-то защитой лишь 15% суши и 7% океанов [43].

Сохранение развитых природных территорий и биоразнообразия – это не благотворительность, а инвестиция в будущее человечества. Как показывает история с истреблением воробьёв в Китае в 1958 году, попытка «управлять природой» без понимания её сложности оборачивается экологическими и гуманитарными катастрофами – тогда массовое размножение вредителей привело к голоду, унёсшему миллионы жизней [44].

2 ВАЖНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК ПО ТЕМЕ

Ранее в работе был представлен обзор существующего взаимодействия человека и природы. Однако опора исключительно на вторичные данные и результаты сторонних исследований сопряжена с риском недостаточной объективности. В рамках данного раздела будут систематизированы конкретные ситуации с воспроизводимыми параметрами, демонстрирующие наличие нерешённых экологических проблем.

Представленные примеры основаны на открытых данных, что позволяет независимо проверить выводы и повторить методологию оценки.

2.1 Статистическое обоснование

В ходе этого подраздела приоритет отдаётся водным объектам. Были определены потенциал Российской Федерации по водным ресурсам, имеющееся положение и динамику роста/деградации водных объектов, шаги и результаты государственной политики, произведён корреляционный анализ одного из самых неблагополучных регионов по стоку воды.

Все расчёты сведены в Приложение А, далее результаты и выводы.

Имея в виду при проведении статистического исследования, что существует общемировая тенденция на снижение запасов и воспроизводства пресной воды, был показан аналогичный тренд по годовому стоку реки Ока - г.Калуга, при этом РФ в таких условиях имеет преимущество, находясь во второй группе с высоким потенциалом по объёму водных ресурсов и проводя политику на ежегодное снижение использования свежей воды. Однако не решены такие проблемы, как загрязнение сточными водами, которое имеет крупные показатели по всем регионам. Корреляционный анализ Республики Калмыкии показал на примере аграрной отрасли, что снижение количества осадков приводит к уменьшению площади обрабатываемых земель, заставляя кратно увеличивать применение минеральных удобрений, приводя к сильному «засолению» почвы с последующим попаданием токсичных веществ в грунтовые воды и водоёмы.

2.2 Экологическое обоснование

Сложные взаимодействия в экосистемах часто остаются незаметными, пока их нарушение не приводит к серьёзным последствиям. Приведём конкретные примеры.

Лишайники рода Cladonia формируют плотный покров, отражающий солнечные лучи и замедляющий таяние вечной мерзлоты. Их исчезновение связано с коммерческим выпасом оленей и пожарами. В Ямало-Ненецком округе деградация лишайников увеличила скорость таяния мерзлоты на 15%, угрожая нефтегазовой инфраструктуре [45].

Дикие восковые пчёлы (Apis cerana) – главные опылители садов в материковом Китае. Но применение инсектицидов против вредителей убивает большие популяции пчёл. Только в 2022 году произошло сокращение урожая на 35% из-за недостатка опыления [46]. В РФ схожая проблема с популяциями медоносных пчёл (Apis mellifera) [47].

Примеры подобных взаимосвязей можно найти во всех сферах нашей жизни, ведь природа представляет собой сложную сеть взаимозависимых процессов. Полноценно учесть эти связи практически невозможно. Это не недостаток науки, а отражение фундаментальной сложности природы.

Можно лишь кратко продемонстрировать эту сложность через недавно опубликованное исследование (2025) в журнале Nature, открывшее клетки-праймеры и механизмы иммунного ответа растений к патогенам на уровне отдельных клеток [48].

Растения при контакте с патогеном активируют отдельные клетки в специализированное состояние PRIMER. Эти клетки теряют базовые функции (например, фотосинтез), производят реактивные формы кислорода и гормоны защиты, передают сигналы соседним клеткам, запуская приобретённую резистентность (устойчивость). Окружающие клетки активируют защитные гены, что помогает ограничить патогены и защитить всё растение. К 24 часам после заражения иммуноактивные зоны сливаются, формируя устойчивую защиту на уровне целого растения [48].

Однако защита не заканчивается на этом: растения активно обмениваются сигналами для координации защиты. При повреждении они выделяют летучие органические соединения, которые активируют защитные гены у других растений [49]. Грибы-симбионты создают микоризные сети, через которые одни растения передают другим питательные вещества и предупреждения об угрозах [50]. Растения способны генерировать электрические импульсы в ответ на повреждения, аналогичные нервным сигналам животных, со скоростью передачи до 40 мм/сек [51]. Также они могут обмениваться малыми РНК для подавления генов патогенов или регуляции защиты [52].

Таким образом, растения обладают многоуровневыми механизмами защиты и коммуникации, способны к схожему уровню взаимодействия, что и человек.

2.3 Патентное исследование

Патентные данные служат уникальным инструментом отслеживания технологических трендов, оценки уровня развития отрасли, выявления перспективных разработок [53].

Процесс был сведён в Приложение Б, далее результаты и выводы.

В результате проведения патентного поиска было рассмотрено 1923 патента, при этом 384 находятся в области искомых технических решений, но лишь 14 могут быть

охарактеризованы, как имеющие потенциал реализации, и могут сравниваться по ряду положительных параметров. Можно заключить, что разработки решений экологических проблем проводятся, но эффективность и применимость их остаётся под вопросом.

Приведём два примера, где попытки совладать с экологическими проблемами, в т.ч. с помощью технических решений, оказались неудачными.

Река Уводь в Ивановской области десятилетиями подвергалась вырубке лесов, загрязнению промышленными стоками фабрик, бытовыми отходами. Концентрация вредных веществ неоднократно превышала нормы, делая воду опасной [54].

В 2010-х годах запустили проект по очистке русла от ила и мусора, но он провалился, т. к. не модернизировали очистные сооружения предприятий – загрязнение продолжилось; спуск воды для очистки вызвал кислородное голодание, гибель рыбы и заболачивание берегов; отсутствие регулярного экомониторинга усугубило проблемы [55].

В итоге получили исчезновение щуки, плотвы; вода непригодна для питья и сельского хозяйства; снижение туризма и ухудшение жизни населения. Проект не устранил коренные причины деградации реки, что привело к повторному загрязнению [56].

Великая зелёная стена – проект Африканского союза (с 2007 г.) по борьбе с опустыниванием в Сахеле. Цель была – создать зелёный пояс длиной 8000 км через 11 стран. Однако реализация столкнулась с системными проблемами [57].

Средства от Всемирного банка и ЕС часто терялись, страны-участницы не обеспечивали софинансирование. Отсутствовала координация между странами: например, Сенегал высадил миллионы деревьев, а в Мавритании проект почти не стартовал из-за нехватки средств. Получили фрагментированную «стену» из разрозненных участков [58].

Неподходящие виды деревьев, т. е. выбор быстрорастущих эвкалипта и акации, которые истощают почву и вытесняют местную флору, усугубляли деградацию [59]. Отсутствие вовлечённости местного населения привело к посадкам на землях, используемых для выпаса и сельского хозяйства, лишая людей дохода и провоцируя пренебрежение проектом. Засухи, экстремальные температуры и нехватка воды губили саженцы. Системы орошения оказались дорогими и непрактичными для местных жителей [60].

В итоге – низкая эффективность в борьбе с опустыниванием, риск долгосрочного ухудшения почв, социальная напряжённость и потеря доверия населения [61].

Таким образом, ни малые, ни крупные регенеративные проекты не застрахованы от рисков. Для достижения устойчивых результатов нужно учитывать природные аспекты.

3 УЧЁТ ПРИРОДНЫХ АСПЕКТОВ ДЛЯ НОВЫХ РЕШЕНИЙ

Разработка регенеративных решений, направленных на восстановление, развитие и обеспечение устойчивости экосистем, требует понимания аспектов, формирующих динамику природных и антропогенных систем. Их игнорирование, как было рассмотрено выше, не только снижает эффективность проектов, но и может усугубить существующие проблемы, превращая благие намерения в ресурсоемкие, но бесплодные инициативы.

Естественные экосистемы, такие как леса, реки или почвенные сообщества, функционируют благодаря сложным взаимосвязям между биологическими, химическими и физическими процессами, которые обеспечивают их саморегуляцию и адаптацию.

Антропогенные системы, напротив, – от городов до сельхозугодий – часто нарушают эти естественные циклы, создавая дисбаланс через линейное потребление ресурсов, загрязнение и фрагментацию ландшафтов.

Учет этих аспектов позволяет создавать решения, которые не просто восстанавливают отдельные элементы экосистем, но и запускают процессы их естественного возрождения. Вопрос лишь в том, возможно ли учесть всё?

3.1 Специфика естественных и антропогенных экосистем

Естественные экосистемы – это сложные, саморегулирующиеся системы, где все компоненты (организмы, почва, вода, климат и др.) взаимосвязаны.

Аспекты естественных экосистем выглядят следующим образом:

– Пищевые сети (трофические цепи), в которых удаление или внедрение одного вида может нарушить баланс. Например, исчезновение хищников приводит к взрывному росту травоядных, что угрожает растительности.

– Генетическое разнообразие внутри видов, определяющее адаптационный потенциал популяций. Снижение разнообразия делает виды уязвимыми к болезням и изменениям среды.

– и другие. 20 наиболее общих аспектов вынесено в Приложение В.

Антропогенные экосистемы – это системы, созданные или радикально изменённые человеком для удовлетворения его потребностей.

Аспекты антропогенных экосистем выглядят следующим образом:

– Линейные цепочки «ресурсы → отходы», т.е. антропогенные системы редко используют замкнутые циклы. Например, пластик становится мусором и редко возвращается в про-во.

– Зависимость от внешних ресурсов, к примеру города требуют постоянного притока энергии, воды и пищи, а сельхозугодья – удобрений и пестицидов. Прекращение поставок может парализовать систему.

– и другие. 15 наиболее общих аспектов вынесено в Приложение В.

Являются ли все приводимые аспекты полными или хотя бы достаточными для решения каких-то задач? Нет, они лишь в общем виде иллюстрируют многогранность природы, в т.ч. человека, и наиболее острые моменты (риски), которые могут приводить к неудачам. Чтобы полностью характеризовать все процессы будет недостаточным даже экспертное знание по экологии, биологии и смежным дисциплинам, ведь ранее мы говорили, что раскрытие базовых механизмов в относительно «простых» формах жизни – растениях, становится возможным только в наше время и с использованием самых передовых технологий. Подобраться же к истинному пониманию природы будет непросто и потребует времени, что не означает невозможность или маловажность этого, но говорит о неспособности эффективно отвечать на экологические вызовы здесь и сейчас, приводя нас к выводу: проблема есть.

3.2 Существующие концепции и подходы

Взаимоотношения «человек-природа» развивались на протяжении всей истории. Создавались ли решения для устранения возникающих проблем? Конечно, многие из них отражены в современных подходах, однако деление на структуры, созданные человеком, часто не выдерживает испытания временем.

Всё «разнообразие» подходов приведено в Приложении В.

Следует отметить, что подобное перечисление, как и ранее, носит обобщённый характер, поскольку таких направлений очень много, и каждое может рассматриваться как отдельная «наука». При этом многие концепции либо дублируют друг друга, либо фокусируются на отдельных элементах – человеке, почве, городах и т.п. На практике это приводит к информационной перегрузке и ограниченному применению.

Это делает большинство существующих решений неэффективными, что заметно даже простым людям, о чем свидетельствуют результаты нашего небольшого опроса со случайной выборкой (см. рисунок 3.1).

Рисунок 3.1 – Результаты экологического опроса

4 ТЕХНОЛОГИЯ РАЗВИТИЯ ПРИРОДНОЙ МЕТАСИСТЕМЫ

В данном разделе будет представлен новый подход. Из различных направлений, вроде системной инженерии, известно, что помимо действующих систем, есть использующая надсистема. Взгляд с верхней позиции, абстрагируясь от переплетений внутренних взаимодействий, позволяет решать ряд задач. Но в контексте природы это не работает, ведь сложность всей совокупности её процессов нельзя просто вынести за скобки.

Поэтому вводим приставку «мета-», переводимую как «выходящий за пределы». Т.е. относимся к метасистеме, как чему-то настолько сложному, что нам не под силу познать.

Благодаря этому появляется возможность ввести аксиомы, а затем дать определение, ведь мы теперь знаем, что имеем дело с настоящей системой систем и:

а) Не знаем, как она целостно работает;

б) Не можем эффективно прогнозировать;

в) Не можем её контролировать.

Природная метасистема – это целостная динамическая совокупность всех естественных и антропогенных процессов, объективная реальность, которую невозможно свести к отдельным компонентам или предсказать на основе их изолированного изучения.

Далее можно сформировать структуру работы. Наша цель это развитие природной метасистемы, чтобы устранить имеющиеся экологические проблемы, предвосхитить надвигающиеся и обеспечить потенциал дальнейшего развития. Раз мы исходим из аксиом, то нужно аккуратно учитывать природные аспекты, убрать все лишние классификации, а сами преобразования должны характеризоваться малым воздействием.

Все эти требования можно реализовать в рамках технологии.

4.1 Выбор общей стратегии

Общая стратегия очерчивает и упрощает понимание всех элементов, задавая приоритеты и предоставляя параметры работы. Мы понимаем из заданных ранее аксиом, что вся последующая деятельность будет происходить в условиях неопределенности и высоких рисков. Поэтому выбираем такую стратегию, которая позволит предусмотреть это.

Стратегия МаксиМин (от сокращения «maximum minimum») – это принцип принятия решений, при котором выбирается вариант, максимизирующий минимально возможный выигрыш или минимизирующий максимальные потери [62]. Этот подход используется в условиях неопределённости, когда игрок (или лицо, принимающее решение) стремится избежать наихудшего сценария. А исходим мы из того, что оппонент (природа) будет действовать против нас, выбирая наихудший исход.

Разберём подробнее. В максимине максимизация происходит после минимизации (читается справа налево), т.е. сперва мы минимизируем параметр, а затем максимизируем другой. При этом при повышении рисков можно больше выиграть, но и больше проиграть.

Что мы минимизируем в контексте рисков? Уменьшаем величину возможного выигрыша. Что максимизируем? Увеличиваем вероятность этого небольшого, но выигрыша. При этом одновременно происходит минимизация как величины, так и вероятности проигрыша. Т.е. потенциально получаем положительный результат даже при сложных условиях.

На практике, в контексте развития природной метасистемы, мы будем минимизировать вмешательство (а значит и затраты, риски) на единицу площади территории, тем самым, получая возможность максимизировать количество единиц этой площади.

Что интересно, на качество преобразований это не повлияет, как и не произойдёт ограничение по величине выигрыша, ведь мы передаём большую часть затрат с рисками в более компетентную среду – природу.

4.2 ВВЕДЕНИЕ БАЗОВЫХ ПРИНЦИПОВ

Ранее, много раз говорилось про природные аспекты, которые так или иначе будут оказывать влияние при любом взаимодействии. Пришло время свести их массив к т.н. базовым принципам. Эти принципы не догма: их можно модифицировать или игнорировать. В данном разделе они приводятся как концептуальная рамка, позволяющая избежать избыточной фрагментации исследования и сосредоточиться на ключевых рычагах управления.

4.2.1 Приоритет воде

Водные системы являются не только основой жизни, но и ключевым элементом глобальных биогеохимических циклов, формирующих устойчивость экосистем. Вода способна аккумулировать, транспортировать и перераспределять энергию и вещество. Её дефицит или загрязнение нарушают не только водный цикл, но и делают бессмысленными усилия по сохранению почв, лесов, видов.

В таких условиях принцип «Приоритет воде» предлагает сосредоточить усилия на восстановлении и оптимизации водного баланса территории как на первоочередной задаче, способной обеспечить синергетический эффект для всей экосистемы, а любые побочные проекты должны начинаться с анализа и прогноза их влияния на водный баланс территории.

Его соблюдение позволяет использовать воду не просто как ресурс, но как инструмент управления устойчивостью, способный усиливать эффективность других мер.

4.2.2 Не лезть в болото

Болотные экосистемы, занимая менее 3 % поверхности суши, обеспечивают до 30 % глобального запаса углерода, фильтруют загрязнители, поддерживают уникальное биоразнообразие и выступают буфером против наводнений и засух [63]. Их эффективность в регуляции биосферных процессов уступает только коралловым рифам, что делает болота эталоном природной «инженерной мысли» [64].

Таким образом, «Не лезть в болото» это:

Во-первых, метафора. Попытки «улучшить» болота или создать аналогичные системы терпят крах из-за их сложной саморегуляции, формировавшейся тысячелетиями.

Во-вторых, это стратегия осознанного невмешательства или уклонения от рисков. Если мы видим, что активные действия приведут к деградации любой системы или нарушат зачатки роста, решением становится невмешательство, ведь иначе сделаем только хуже.

Принцип актуален, когда:

– Экосистема функционально цела или демонстрирует признаки самовосстановления;
– Риски вмешательства превышают потенциальные выгоды;
– Отсутствуют технологии, адекватно воспроизводящие природные процессы.

Он не применим в случаях:

– Уже начатых необратимых изменений (к примеру, загрязнение тяжёлыми металлами);
– Угрозы жизни людей (к примеру, малярийные болота вблизи поселений).

4.2.3 Соблюдение цепи

Трофические цепи отражают фундаментальную зависимость между звеньями экосистемы: каждое последующее звено получает лишь около 10% энергии от предыдущего. Это означает, что благополучие любого уровня (растения, травоядные, хищники) напрямую связано с устойчивостью предыдущего. Принцип подчёркивает два правила:

Восходящий контроль – невозможно восстановить высшие звенья (например, хищников), не обеспечив ресурсную базу (добычу).

Нисходящее регулирование – избыток потребителей на верхних уровнях (например, лосей) может подавлять нижележащие звенья (например, саженцы), нарушая баланс.

4.3 БИОХОМОЦЕНОЗ И СПОСОБЫ ЕГО ФОРМИРОВАНИЯ

В 1883 году на острове Кракатау произошло извержение вулкана, уничтожившее на нём всю жизнь [65]. К 1983 году, через столетие после катастрофы, здесь насчитывалось более 8000 видов [66]. Жизнь на острове возрождалась постепенно пока не сформировалось устойчивое сообщество. Наблюдения показывают, что система со временем стабилизируется, а новые виды вытесняют прежние.

На примере Кракатау можно отметить, что первые поселенцы размножаются быстро, производя много потомства, но их популяции могут резко сокращаться из-за болезней или нехватки ресурсов. По мере развития экосистемы такие виды замещаются более устойчивыми, которые тратят больше энергии на меньшее количество потомства, но приспособленного к конкретным условиям [67]. Эти организмы эффективнее используют доступные ресурсы, что поддерживает баланс в зрелой системе.

Исходя из наличия в природной метасистеме потенциала такой развитой формы регенерации, наша задача воспроизвести её, учитывая при этом введённую ранее стратегию и базовые принципы. Результатом работы стало появление нового термина «биохомоценоз».

Биохомоценоз – форма взаимодействия с природной метасистемой, при которой формирующее воздействие человека запускает механизмы её самоорганизации, направленные на взаимовыгодное получение благ.

Фаза воздействия (Хомо-этап):

– Человек точечно корректирует или формирует параметры системы;

– Цель состоит в создании «стартового импульса», не нарушающего естественную динамику, т.е. в помощи стартовым видам флоры и фауны и ландшафтном преобразовании, но с таким расчётом, чтобы последующие, более эффективные виды были полезны нам, в т.ч. при формировании своей новой среды.

Фаза саморазвития (Био-этап):

– Природа берёт на себя роль основного «инженера»: запускаются процессы сукцессии, формируются взаимовыгодные связи между видами, система выходит к устойчивому развитию, минимизируя дальнейшее вмешательство.

– Человек переходит к роли наблюдателя, ограничиваясь мониторингом и коррекцией.

Фаза выгод (Ценоз):

– Автономная, развитая метасистема начинает приносить дивиденды.

Далее будут представлены 5 нормированных способов формирования биохомоценоза, которые можно применять как вместе, так и по отдельности; адаптировать под конкретные условия.

4.3.1 Повышение продуктивности

Способ заключается в создании системы валов и канав с посадкой взаимодополняющих древесных пород. Это позволяет контролировать водный сток и эрозию за счёт рельефных преобразований; формировать микроклиматические зоны, благоприятные для роста растений; создавать устойчивые биотические сообщества через комбинацию быстрорастущих и долгоживущих видов.

Способ комплексного повышения продуктивности, включающий ориентацию формируемого объекта на местности, формирование канавы, формирование вала, высадку деревьев; при этом ориентация формируемого объекта на местности предполагает определение на топографической карте ключевой линии высот, отложение двух последовательных перпендикуляров с помощью измерительных приспособлений к задействованной территории с вычислением расстояния между объектами в 100 метров и последующим сопоставлением на местности; формирование односторонне пологой канавы предполагает настройку вертикального угла атаки орудия линейно движущейся машины или агрегата в зависимости от перепада высот участка в пределах 5° в противоположную сторону от пологой части и с заглублением до 0,3 метра; формирование вала из грунта, перемещённого из канавы в противоположную сторону от пологой части, предполагает настройку горизонтального угла атаки орудия до 45° в сторону вала, а также создание на концах объекта чашеобразного поворота к ключевой линии длиной до 5 метров; высадка деревьев предполагает использование двух пород, которые характеризуются общей устойчивостью, в т.ч. к переувлажнению и затоплению, а также одна из которых характеризуется быстрым ростом и лёгким размножением, но малым семенным распространением, а вторая характеризуется долгим сроком жизни, при этом высадка производится с внутрирядным чередованием пород в три ряда с центральным рядом, находящимся на вале, междурядным расстоянием 1.5 метра, расстоянием между растениями в ряду 6 метров и асимметрией рядов в 2 метра.

«Ориентация формируемого объекта на местности предполагает определение на топографической карте ключевой линии высот, отложение двух последовательных перпендикуляров с помощью измерительных приспособлений к задействованной территории с вычислением расстояния между объектами в 100 метров и последующим сопоставлением на местности» (см. рисунок 4.1).

Тем самым достигается лёгкость, универсальность применения и отсутствие высоких затрат для ориентации объекта на местности, т.к. используются простые, общедоступные инструменты.

«Формирование односторонне пологой канавы предполагает настройку вертикального угла атаки орудия линейно движущейся машины или агрегата в зависимости от

перепада высот участка в пределах 5° в противоположную сторону от пологой части и с заглублением до 0,3 метра.» (см. рисунок 4.2).

Канава позволяет сфокусировать на себе водный сток со смытыми питательными веществами почвы, перемещение естественной органики, мусор и др., тем самым работая в качестве проницаемой дамбы, повышая качество и уровень грунтовых вод, а также образуя на дне канавы своеобразный биореактор с постоянной подпиткой и комфортными условиями для микроорганизмов. За счёт этого достигается быстрая переработка попадаемого материала, в т.ч. содержащего токсичные, радиоактивные вещества и контаминанты, а положительные эффекты (в виде стабилизации загрязнений и образования биодоступных веществ) начинают распространяться по близлежащим территориям за счёт естественных процессов массо- и энергообмена.

Важным составляющим является линейное движение машины или агрегата, которое позволяет значительно упростить работу проектировщика и механизатора, сократить расходы на топливо и амортизацию техники, уменьшить требуемое время выполнения работ. Достигается это и за счёт малого угла вертикального наклона орудия до 5°, что позволяет за один проход сформировать нужную пологость без дополнительных операций. Заглубление до 0,3 метра достаточно для большинства территорий и позволяет снять верхний слой, тем самым, не давая лишней нагрузки на технику.

«Формирование вала из грунта, перемещённого из канавы в противоположную сторону от пологой части, предполагает настройку горизонтального угла атаки орудия до 45° в сторону вала, а также создание на концах объекта чашеобразного поворота к ключе-вой линии длиной до 5 метров» (см. рисунок 4.2, 4.3).

Вал дополняет те параметры, которые были описаны для канавы, но важной особенностью является то, что он образуется из грунта, перемещённого из канавы, тем самым убирая необходимость доставки и насыпи его извне, а горизонтальный угол атаки орудия до 45° в сторону вала позволяет это сделать, оптимально используя возможности техники. Создание на концах объекта чашеобразного поворота к ключевой линии позволяет нивелировать перепады высот, т.е. на некоторых участках объект вместо водоудержания будет выполнять роль водоотведения излишков, а подобный поворот создаёт «чашу», которая позволяет удержать воду на заданной территории, не допустив размыва. Длина до 5 метров оптимальна из усреднённых характеристик разворота потенциально применяемой техники: бульдозеров, грейдеров, плантаторов и др.

«Высадка деревьев предполагает использование двух пород, которые характеризуются общей устойчивостью, в т.ч. к переувлажнению и затоплению, а также одна из которых характеризуется быстрым ростом и лёгким размножением, но малым семенным

распространением, а вторая характеризуется долгим сроком жизни, при этом высадка производится с внутрирядным чередованием пород в три ряда с центральным рядом, находящимся на вале, междурядным расстоянием 1.5 метра, расстоянием между растениями в ряду 6 метров и асимметрией рядов в 2 метра» (см. рисунок 4.3).

Использование именно деревьев позволяет добиться длительного и стабильного функционирования объекта за счёт почвоудержания, корневого взаимодействия с микроорганизмами, предотвращения ветровой эрозии, при этом используются только две породы, которые обеспечат простоту высадок за счёт унификации. Породы должны характеризоваться стойкостью к местным климатическим, антропогенным и другим негативным факторам, при этом отдельно выделяется возможность выдерживать переувлажнение и затопление, т.к. это исходит из сущности работы способа.

Одна порода должна характеризоваться быстрым ростом и лёгким размножением для интенсивного освоения выделенной площади, но при этом не должно быть активным семенное распространение, для предотвращения излишнего попадания на внешние территории. Вторая порода должна характеризоваться долгим сроком жизни, обеспечивая функционирование в период обновления первой породы, для этих же целей предусмотрено чередование их в ряду. На территории РФ такими породами являются ива и кедр (кедровая сосна) с видовыми и сортовыми вариациями в зависимости от условий.

Трёх рядная высадка с центральным рядом, находящимся на вале, позволяет закрепить все возможные места, подверженные разрушению. Компоновка с междурядным расстоянием 1.5 метра, расстоянием между растениями в ряду 6 метров и асимметрией рядов в 2 метра позволяет эффективно использовать площадь территории, добиться качественной работы объекта за счёт выполнения заданных условий по почвоудержанию, ветрозащите и др., применяя минимально необходимую концентрацию деревьев, тем самым снижая затраты, но обеспечивая достаточное жизненное пространство и сохраняя возможность для размножения местных видов, т.е. не создавая монокультурных участков.

Практическое использование данного способа возможно в различных отраслях хозяйственной деятельности человека. Несмотря на нормирование, способ может подвергаться различным адаптациям. К примеру, для реализации на горных выработках после определения ориентации объекта на местности потребуется доставить на линию слой почвы, после чего продолжить согласно следующим операциям способа, тем самым используя все его преимущества. Аналогично и в других направлениях деятельности.

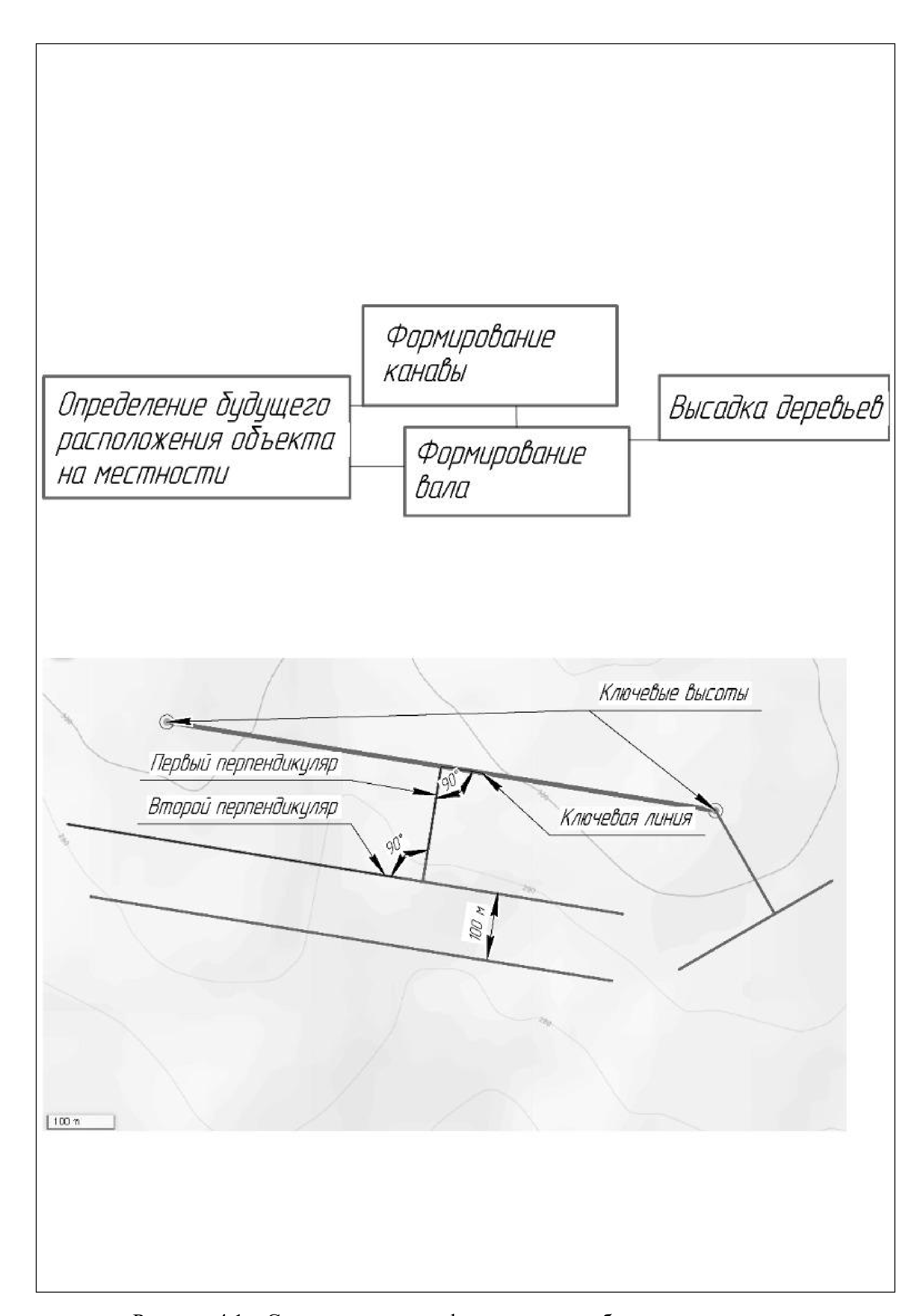


Рисунок 4.1 – Схема ориентации формируемого объекта на местности

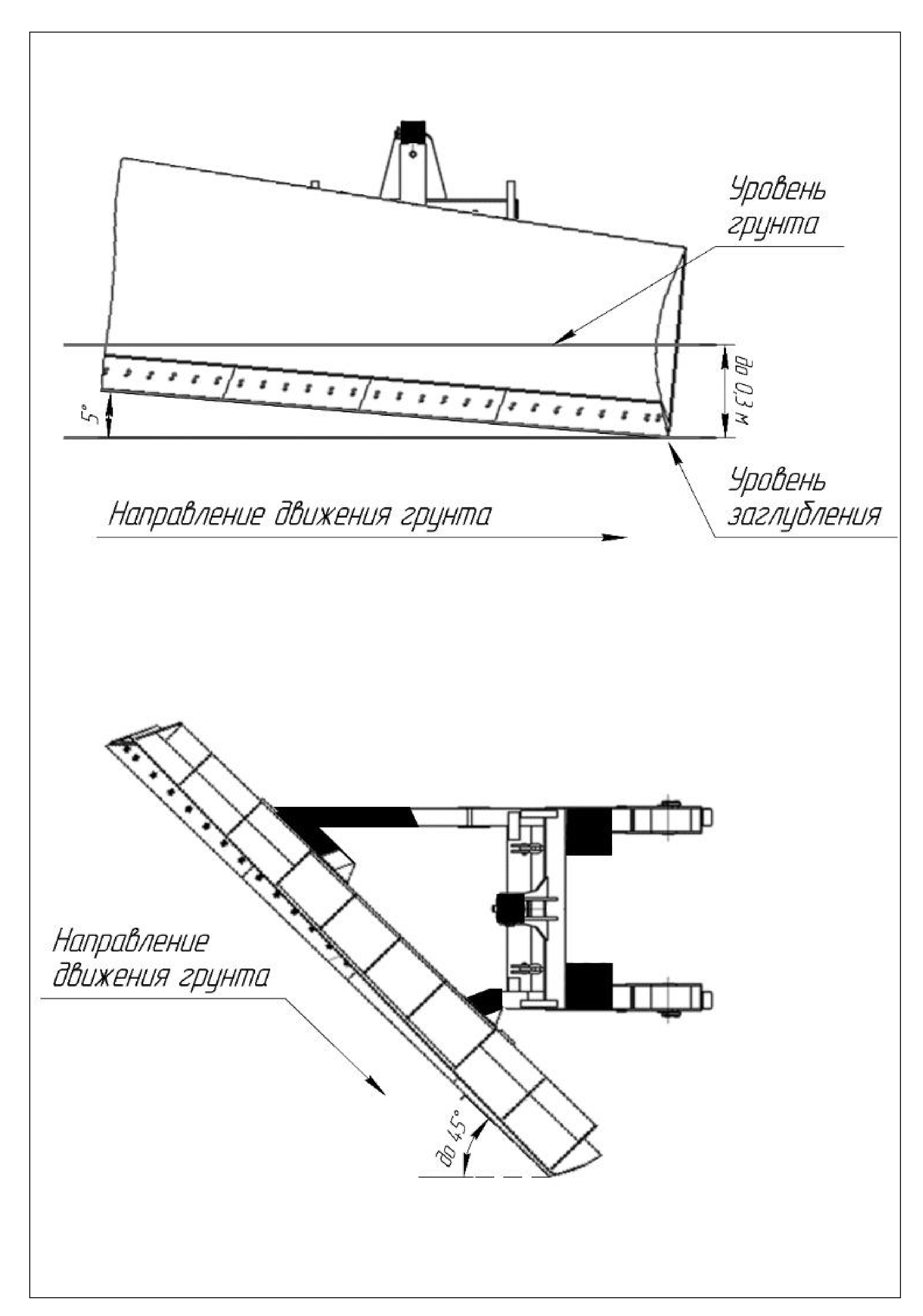


Рисунок 4.2 – Настройка углов атаки орудия

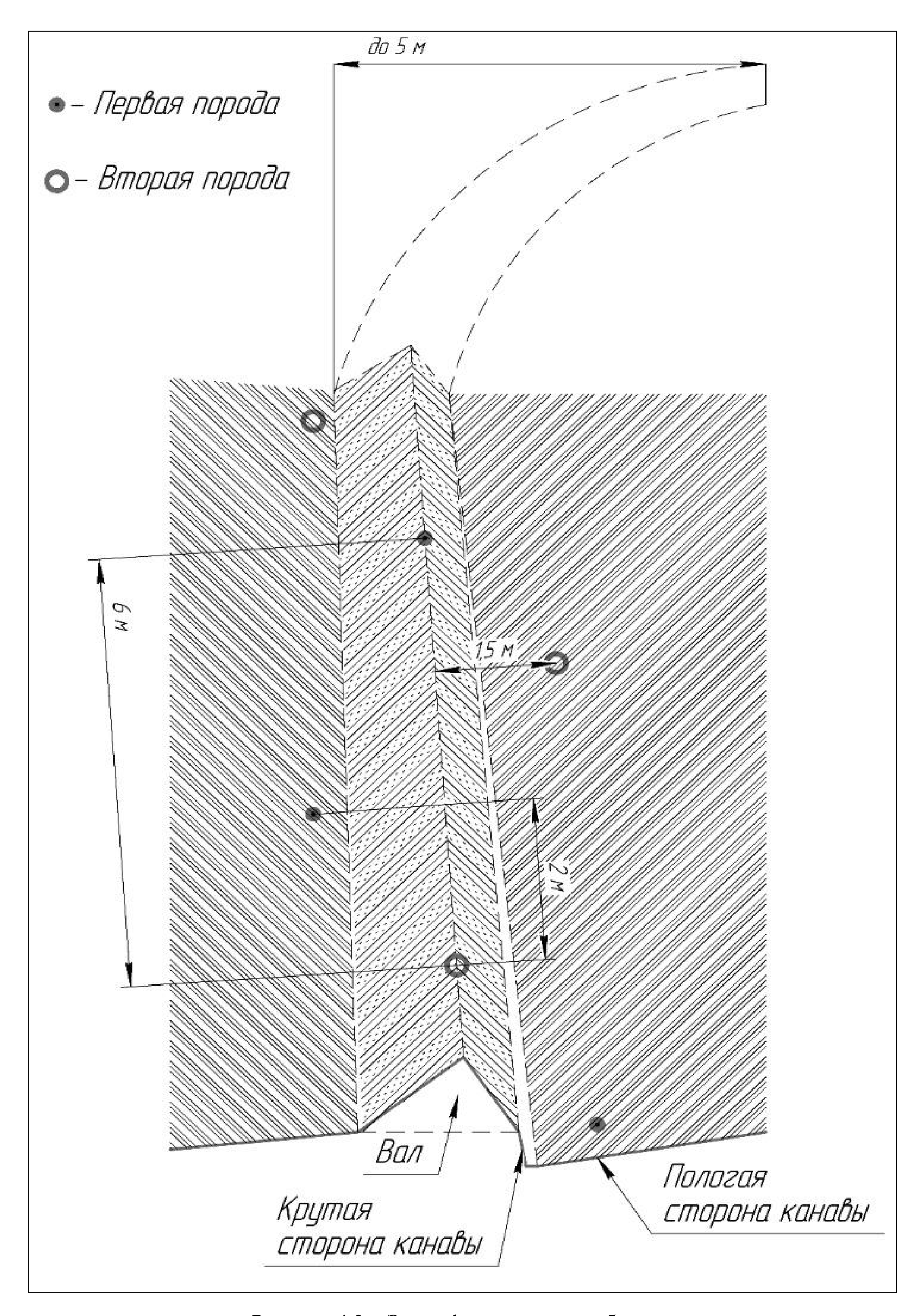


Рисунок 4.3 – Эскиз формируемого объекта

4.3.2 Оазисы как точки роста

Способ заключается в формировании продуктивных экологических узлов на ограниченной площади. Они становятся источниками биологической экспансии, преобразуя окружающие земли.

Способ «Оазисы как точки роста», включающий выбор подходящего участка, проектирование ландшафта, обогащение микроорганизмами, высадку растений, заселение животных; при этом выбор подходящего участка от 1 до 10 гектар с расстоянием от 6 до 30 км и дальнейшее проектирование ландшафта предполагает максимальное соответствие таким параметрам как наличие влаги, защищенность от ветра, удобство работы; обогащение микроорганизмами, высадка растений и заселение животных должны стремиться к максимальному разнообразию из местных или подходящих интродуцируемых видов с высокой плотностью, а для посадки деревьев и кустарников использовать узкий 0,15-0,2 метра глубокий 2-4 метра бур, засыпать полученную яму плодородным грунтом одновременно с заливкой воды, из извлеченного грунта сформировать водоулавливающую чашу отступив от центра 0,3 метра, в приствольный круг уложить камень от 0,15 метра и, не засыпая его, крупную мульчу (кору, щепу и т.п.).

«Выбор подходящего участка от 1 до 10 гектар с расстоянием от 6 до 30 км и дальнейшее проектирование ландшафта предполагает максимальное соответствие таким параметрам как наличие влаги, защищенность от ветра, удобство работы».

Выбор участка по таким данным исходит из стратегии МаксиМин, т.к. если участок обладает водным потенциалом, защищен от ветра и удобен для преобразования, то при прочих равных потребует меньше затрат с большей результативностью. Проектирование ландшафта также должно фокусироваться на эти параметры, создавая зоны водоудержания, ветрозащиты и дороги. Оптимальная величина участка от 1 до 10 гектар (минимум для обеспечения зацикленности и самообеспечения; максимум для эффективной концентрации ресурсов), расстояния между формируемыми оазисами от 6 до 30 км (минимум из-за дистанции лёта насекомых; максимум для эффективного охвата площади экспансии).

«Обогащение микроорганизмами, высадка растений и заселение животных должны стремиться к максимальному разнообразию из местных или подходящих интродуцируемых видов с высокой плотностью».

Здесь важно помнить про принцип «Соблюдение цепи», многообразие видов обеспечивает диверсификацию, а высокая плотность ускоренное формирования микроклимата.

«Для посадки деревьев и кустарников использовать узкий 0,15-0,2 метра глубокий 2-4 метра бур, засыпать полученную яму плодородным грунтом одновременно с заливкой воды, из извлеченного грунта сформировать водоулавливающую чашу отступив от центра

0,3 метра, в приствольный круг уложить камень от 0,15 метра и, не засыпая его, крупную мульчу (кору, щепу и т.п.)».

Деревья и кустарники выделяются большей стабильностью, в частности, за счёт глубоких стержневых корней, поэтому имеет смысл сделать акцент на них, а для прочих растений использовать остаточные ресурсы. Узкий бур уменьшает требуемый объём грунта, минимизирует усилие на агрегат, позволяя добиться большей глубины, которая обеспечивает быстрое достижение корнями безопасного температурного и влажностного уровня. Заливка водой утрамбовывает грунт; также можно обогатить её микроорганизмами.

Чаша формируется простыми движениями лопаты, тяпки, противопоставляясь уклону местности, обеспечивая удержание водного стока в данной точке, защищая первые месяцы от ветра и солнца. Камень нужен для уравнивания температуры, нагреваясь днём, отдаёт тепло ночью, при этом процесс сопровождается конденсацией влаги на нём, поэтому важно, чтобы он не был полностью засыпан мульчей для доступа солнечным лучам. Крупная мульча не трамбуется, пропуская воздух, и достаточно тяжелая, чтобы не уноситься ветром (см. рисунок 4.4).

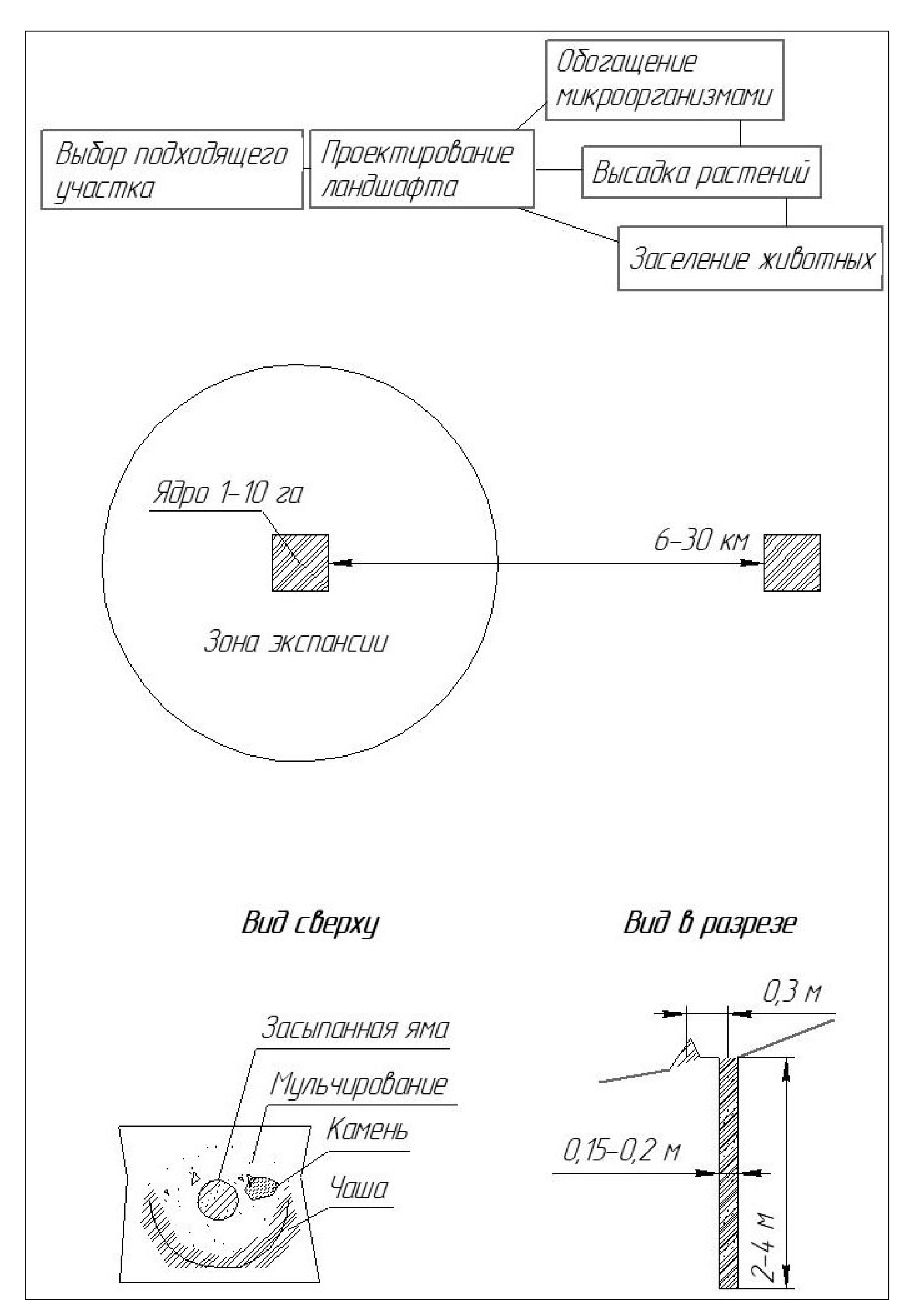


Рисунок 4.4 – Оазисы как точки роста

4.3.3 Тупиковые водоёмы

Способ заключается в создании обособленных водных объектов, связанных с основным водоёмом через ограниченный контакт. Такие водоёмы становятся «буферными зонами» для накопления биологических ресурсов, стабилизации гидрологического режима и формирования автономных экосистем.

Способ «Тупиковые водоёмы», включающий выбор маршрута ответвления, проектирование микроландшафтов, проектирование перемычек; при этом выбор маршрута ответвления исходит из имеющейся топографии и производится при 80% расстояния маршрута ниже уровня водоёма, избегая мест с большой площадью водного зеркала; проектирование микроландшафтов на выборочных участках заключается в снятии плодородного слоя и глубине от 3 метров с закреплением прибрежной растительностью; проектирование перемычек исходит из гарантированности поступления воды, совмещают глубокие и широкие каналы, выбирая из достаточной необходимости.

«Выбор маршрута ответвления исходит из имеющейся топографии и производится при 80% расстояния маршрута ниже уровня водоёма, избегая мест с большой площадью водного зеркала».

Лишь 20% расстояния должно требовать серьёзных воздействий. Формируемые объекты должны представлять из себя скорее «реку», нежели «озеро», т.к. избыточная площадь водного зеркала приводит к высокому нагреву, испарению, цветению.

«Проектирование микроландшафтов на выборочных участках заключается в снятии плодородного слоя и глубине от 3 метров с закреплением прибрежной растительностью».

Плодородный слой это ценный ресурс, он выносится по краям водоёма, либо формирует дамбу на нужном отрезке, а для предотвращения размыва закрепляется водоустойчивой растительностью. Глубина от 3 метров нужна для полноценного протекания биопроцессов, вроде теплообмена, переработки органики, зимовки рыб.

«Проектирование перемычек исходит из гарантированности поступления воды, совмещают глубокие и широкие каналы, выбирая из достаточной необходимости».

Роль перемычек в перемещении воды из основного водоёма в тупиковый, т.е. допустимо несоответствие параметрам развития жизни, в т.ч. пересыхание (см. рисунок 4.5).

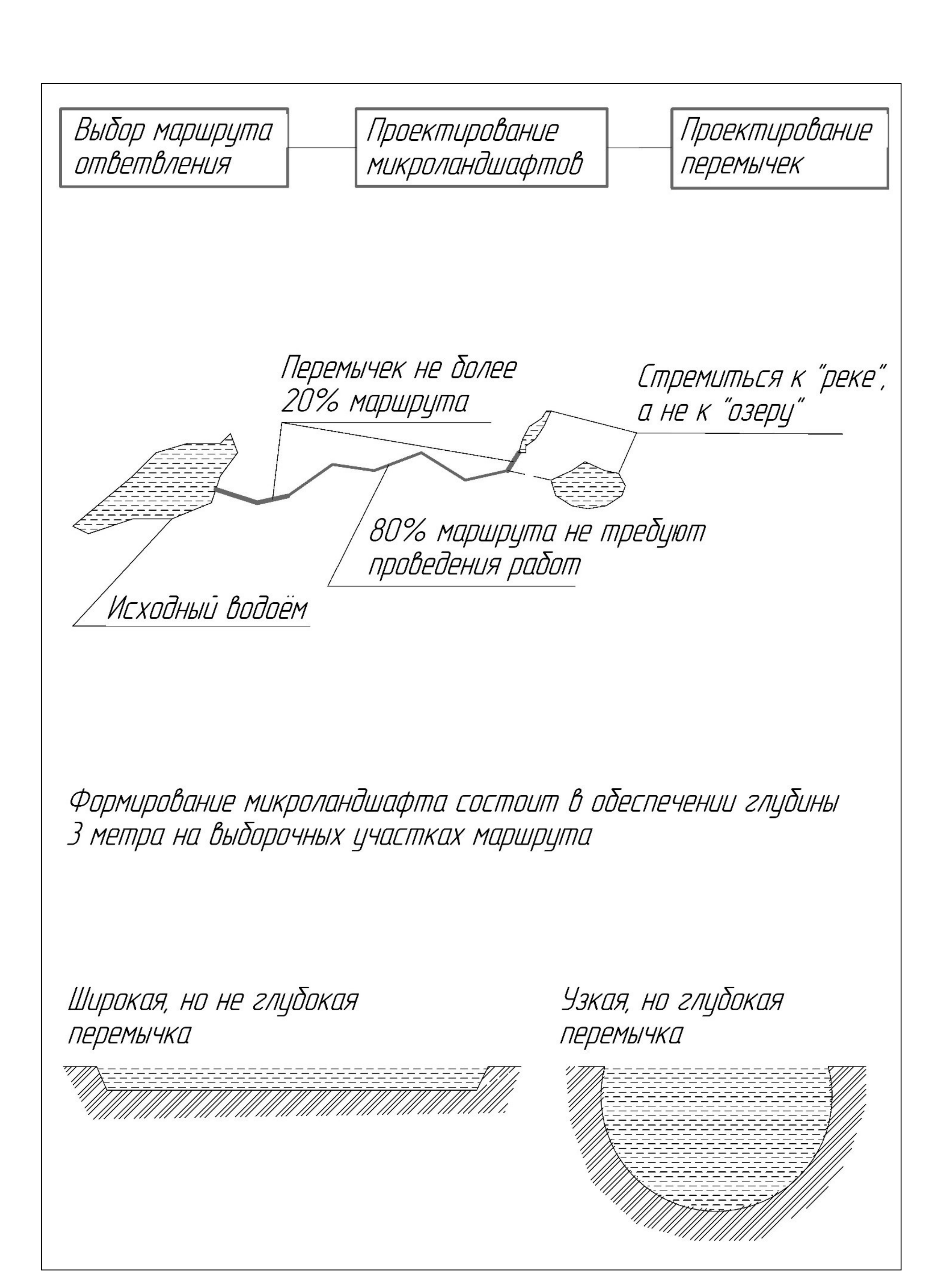


Рисунок 4.5 – Тупиковые водоёмы

4.3.4 Насечки-воронки

Способ основан на создании сети воронкообразных углублений, для фокусировки воды, семян и органики, имитирующих природные ловушки муравьиного льва. Эти структуры выступают микробиотопами, где аккумулируются ресурсы для формирования устойчивых растительных сообществ и почвенной фауны.

Способ «Насечки-воронки», включающий выбор участка, обработку поверхности, внесение семян; при этом выбор участка предполагает малую увлажненность, возможность проезда техники и наличие поверхности, отличной от скальной и каменной; обработка поверхности включает дискование в случае твёрдого грунта, обработку катком, спирально расположенные конусные зубья которого имеют длину 20 сантиметров, а остальные зубья из уголка имеют длину 10 сантиметров и расположены в шахматном порядке, а центральный барабан полый, с возможностью наполнения грузом; внесение семян растений, устойчивых к заглублению.

«Выбор участка предполагает его малую увлажненность, возможность проезда техники и наличие поверхности, отличной от скальной и каменной».

Данный способ уместен именно для засушливых территорий, т.к. там, где достаточно влажно «и так всё вырастит». Из-за того, что ключевые операции выполняются механизировано, то важно, чтобы техника имела возможность производить там работу.

«Обработка поверхности включает дискование в случае твёрдого грунта, обработку катком, спирально расположенные конусные зубья которого имеют длину 20 сантиметров, а остальные зубья из уголка имеют длину 10 сантиметров и расположены в шахматном порядке, а центральный бара-бан полый, с возможностью наполнения грузом».

Т.к. грунт может иметь твёрдую корку, то небольшое рыхление дисковой бороной позволит лучше придать ему нужную нам форму при прохождении катком. Конструкция катка обусловлена тем, что в случае если грунт твёрдый на значительную глубину, то описанное расположение длинных зубьев позволит в каждый момент времени переводить нагрузку всего катка только на один зуб, тем самым гарантируя появления насечки. Расположение в шахматном порядке также обеспечивает большее давление на меньшее количество зубьев. Давление можно регулировать заполнением груза в барабане.

«Внесение семян растений, устойчивых к заглублению».

Несмотря на уплотнение, по причинам обсыпания, смыва или наноса ветром насечки со временем будут заполнены, а значит семена и растения должны быть способны преодолевать эту проблему. Сами семена можно рассеивать любым доступным способом.

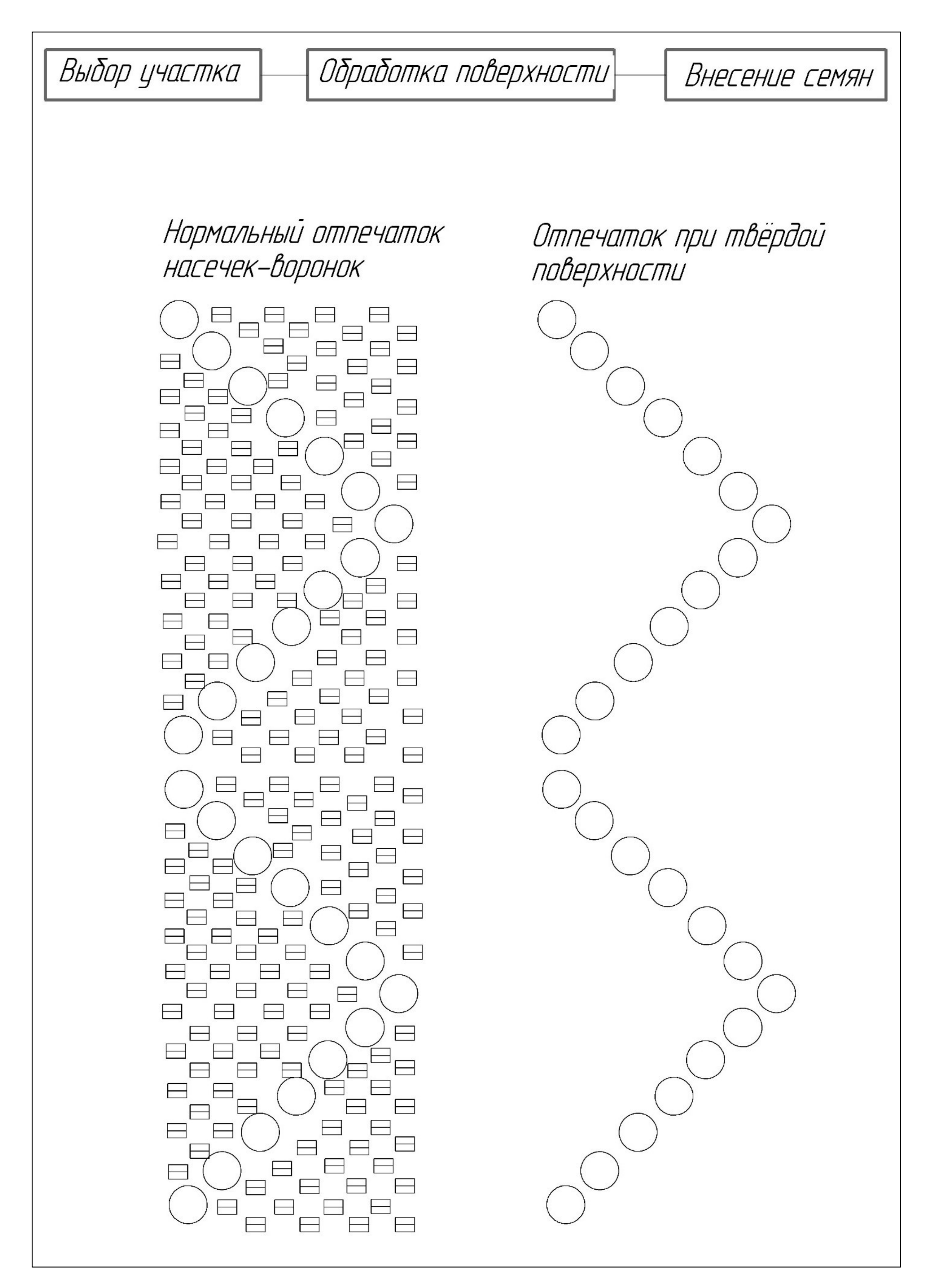


Рисунок 4.6 – Насечки-воронки

4.3.5 Тысяча рек

Способ заключается в отведении части стока крупного водоёма (реки, озера) и его разделении на множество малых, слабо связанных между собой ручейков, которые охватывают обширную территорию. Это создаёт зоны повышенной влажности, стимулирует развитие флоры и фауны, формирует сеть экологических коридоров.

Способ «Тысяча рек», включающий выбор водоёма, проектирование отвода, проектирование распределения, высадку деревьев; при этом выбор водоёма подразумевает его наличие, его вышестоящее положение, его водообеспеченность, позволяющую без потерь изъять требуемый объём; проектирование отвода соответствует способу «Тупиковые водоёмы»; проектирование распределения исходит из минимизации водного зеркала, максимизации глубины и состоит в создании нелинейных канав с помощью арычника, лесного плуга, дискового плуга, каналокопателя и др. подходящих средств; высадка деревьев должна обеспечивать смыкание кроны над водным зеркалом и закрепление грунта.

«Выбор водоёма подразумевает его наличие, его вышестоящее положение, его водообеспеченность, позволяющую без потерь изъять требуемый объём».

Стоит отметить, что не всегда имеют место быть постоянные водоёмы, а есть лишь временные источники, к примеру потоки горной талой воды или родники.

«Проектирование отвода соответствует способу «Тупиковые водоёмы»».

Отводы нужны для более плавного перехода от крупного водоёма к ручьям. Также их можно использовать для формирования буферных и конечных водоёмов.

«Проектирование распределения исходит из минимизации водного зеркала, максимизации глубины и состоит в создании нелинейных канав с помощью арычника, лесного плуга, дискового плуга, каналокопателя и др. подходящих средств».

Наша задача при формировании ручьёв это пропитывание близлежащей территории, поэтому важно минимизировать испарение, чему и служит уменьшение площади водного зеркала при увеличении объёма за счёт глубины. Нелинейность канав призвана имитировать естественные процессы с торможениями, ускорениями, остановками водного потока. Использовать стоит наиболее доступное в конкретной ситуации оборудование, т.к. особых требований помимо ранее описанных нет, важно лишь, чтобы вода текла.

«Высадка деревьев должна обеспечивать смыкание кроны над водным зеркалом и закрепление грунта». Ранее уже описывалось.

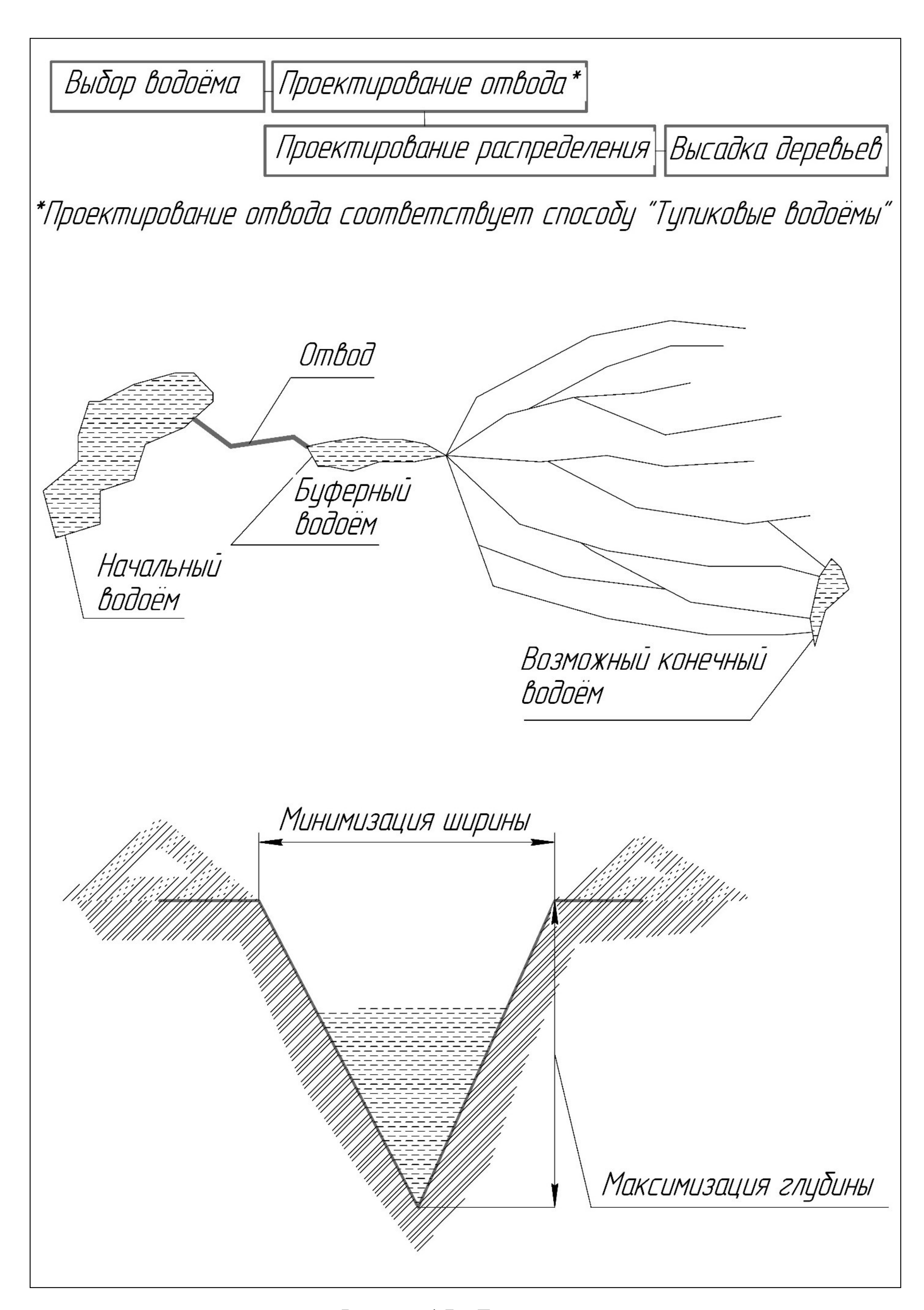


Рисунок 4.7 – Тысяча рек

5 ПРИМЕНЕНИЕ В РАМКАХ ПРОЕКТА

Проект – целенаправленное использование ресурсов и элементов внешней среды для достижения заранее обозначенного результата [68].

5.1 Бизнес-планирование

Бизнес-план – это официальный документ, описывающий цели бизнеса, пути их достижения и необходимые для этого ресурсы [69]. Моделируем конкретную ситуацию, в которой нам нужно произвести закладку ягодной плантации для получения ягод на переработку. Ключевые моменты планирования вынесены в Приложение Г.

5.2 Экономические эффекты реализации

Все расчёты сведены в приложение Д, далее результаты и выводы [70]. Используя в качестве сравнения предприятие с интенсивным подходом для закладки плантации (см. рисунок 5.1), были применены элементы метасистемного подхода (см. рисунок 5.2), что обеспечило кратное снижение стартовых затрат, ежегодных затрат и дало возможность проекту оставаться финансово привлекательным даже в трудном политико-экономическом состоянии 2025 года при ставке дисконтирования 30% со сроком окупаемости 4 года, NPV>0 (14,53 млн руб.), IRR>r (38,65% > 30%), PI>1 (3,16).

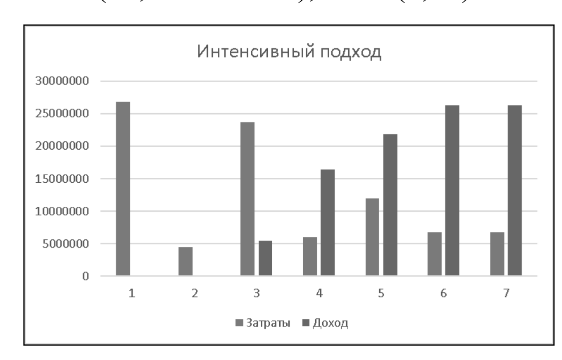


Рисунок 5.1 – График затрат и доходов по годам (ИП)

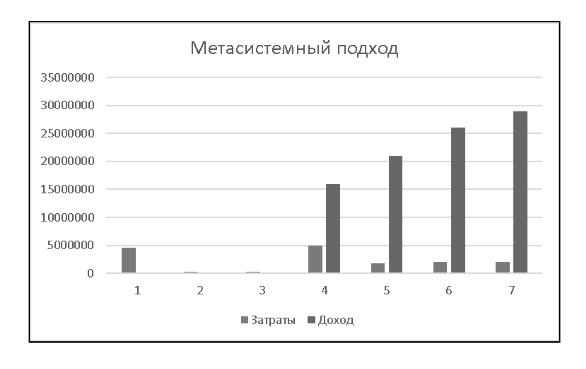


Рисунок 5.2 – График затрат и доходов по годам (ИП)

РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

В данной диссертации был разработан новый подход к восстановлению деградированных территорий, основанный на развитии природной метасистемы путём создания биохомоценоза. Были раскрыты как теоретическая часть, которая призвана изменить отношение к природе, опознав в ней серьёзную силу, так и определены практические элементы реализации с помощью технологии, включившей стратегию, базовые принципы и способы.

По результатам работы можно сделать вывод, что ключ к успешному восстановлению – не в замене природных процессов, а в их поддержке и направлении. Человек должен выступать не как управляющий фактор, а как инициатор, создающий лишь условия для естественного развития систем. Такой подход открывает новые перспективы в экологическом проектировании, городском планировании и управлении территориями.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

1 IPCC. Sixth Assessment Report: Climate Change 2021. The Physical Science Basis [Электронный ресурс]. – URL: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/ (дата обращения: 05.04.2025).

2 NASA Goddard Institute for Space Studies (GISS). GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP) [Электронный ресурс]. – 2023. – URL: https://data.giss.nasa.gov/gistemp/ (дата обращения: 05.04.2025).

3 Shepherd, A. et al. Mass balance of the Greenland Ice Sheet from 1992 to 2018 // Nature. – 2020. – Т. 579. – № 7798. – С. 233–239.

4 National Snow and Ice Data Center (NSIDC). Arctic Sea Ice News & Analysis [Электронный ресурс]. – URL: https://nsidc.org/arcticseaicenews/ (05.04.2025).

5 Caesar, L. et al. Observed fingerprint of a weakening Atlantic Ocean overturning circulation // Nature. – 2018. – Т. 556. – № 7700. – С. 191–196.

6 UN OCHA. Pakistan Floods 2022: Situation Report No. 20 [Электронный ресурс] URL https://reliefweb.int/report/pakistan/pakistan-floods-2022-situation-report-no-20 (05.04.2025).

7 Canadian Interagency Forest Fire Centre (CIFFC). National Wildland Fire Situation Report [Электронный ресурс]. – 2023. – URL: https://www.ciffc.ca/ (05.04.2025).

8 UN Environment Programme (UNEP). Global Environment Outlook. – GEO-6. – 2019.

9 UNEP. Global Chemicals Outlook II. – Nairobi, 2019.

10 World Health Organization (WHO). WHO global air quality guidelines. –Geneva, 2021.

11 European Environment Agency (EEA). Air quality in Europe – 2022 report. – EEA Report No 05/2022. – Copenhagen, 2022.

12 World Air Quality Index Project. Real-time Air Quality Index Monitoring [Электронный ресурс]. – URL: https://aqicn.org/ (дата обращения: 05.04.2025).

13 UNEP. Global Waste Management Outlook [Электронный ресурс]. – URL: https://www.unep.org/resources/report/global-waste-management-outlook (05.04.2025).

14 Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation. Report on the accident in the Black Sea. – 2024. // National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Deepwater Horizon Oil Spill [Электронный ресурс]. – URL: https://response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills/deepwater-horizon-oil-spill (дата обращения: 05.04.2025).

15 Eriksen, M. et al. Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea // PLoS ONE. – 2014. – Т. 9. – № 12. – e111913.

16 ATSDR. Toxicological Profile for DDT, DDE, and DDD [Электронный ресурс]. – URL: https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=863&tid=25 (05.04.2025).

17 Chinese Ministry of Environmental Protection. Soil Pollution Survey Report [Электронный ресурс]. – 2014. – URL: https://www.mee.gov.cn/ (05.04.2025).

18 IAEA. Chernobyl and Fukushima: Consequences of Catastrophic Nuclear Accidents [Электронный ресурс]. – URL: https://www.iaea.org/newscenter/focus/fukushima/comparison-chernobyl-fukushima (дата обращения: 05.04.2025).

19 USGS. Tailings and Mine Waste Issues [Электронный ресурс]. – URL: https://www.usgs.gov/centers/ngwrc/science/tailings-and-mine-waste-issues (05.04.2025).

20 Butt, C.M. et al. Temporal trends of perfluoroalkyl substances in the arctic atmosphere and surface ocean water // Environmental Science & Technology. – 2010. – Т. 44. – № 23.

21 International Energy Agency (IEA). The Role of CCUS in Low-Carbon Power Systems. – Paris, 2020.

22 Ellen MacArthur Foundation. Completing the Picture: How the Circular Economy Tackles Climate Change. – Cowes, 2019.

23 OECD. Global Plastics Outlook: Economic Drivers, Environmental Impacts and Policy Options. – Paris, 2022. // UNEP. Global Plastics Outlook [Электронный ресурс]. – URL: https://www.unep.org/resources/report/global-plastics-outlook-policy-brief (05.04.2025).

24 Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Global Forest Resources Assessment 2020 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.fao.org/forest-resources-assessment/en/ (дата обращения: 05.04.2025).
25 Duke, N.C. et al. A world without mangroves? // Science. – 2007. – Т. 317. – № 5834.
26 Davidson, N.C. How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area // Marine and Freshwater Research. – 2014. – Т. 65. – № 10. – С. 934–941.
27 Leifeld, J., Menichetti, L. The underappreciated potential of peatlands in global climate change mitigation strategies // Nature Communications. – 2018. – Т. 9. – Art. 1071.
28 UN Convention to Combat Desertification (UNCCD). Status of Desertification in Africa [Электронный ресурс]. – URL: https://www.unccd.int/actions/regional-cooperation/africa (дата обращения: 05.04.2025).
29 FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. – Rome, 2022.
30 Hughes, T.P. et al. Global warming transforms coral reef assemblages // Nature. – 2018. – Т. 556. – С. 492–496.
31 WWF. Living Planet Report 2020 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.worldwildlife.org/publications/living-planet-report-2020 (дата обращения: 05.04.2025).
32 IPBES. Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services –Bonn 2019
33 UNODC. World Wildlife Crime Report 2020. – Vienna, 2020.
34 IUCN. African Elephant Status Report 2016. – Gland, 2016.
35 Woinarski, J.C.Z. et al. How many reptiles are killed by cats in Australia? // Wildlife Research. – 2018. – Т. 45. – № 3. – С. 247–266. // Department of Agriculture, Water and the Environment, Australia. Threat Abatement Plan for Predation by Feral Cats. – Canberra, 2015.
36 Wich, S.A. et al. Land cover changes and human activities in Borneo: implications for primate conservation // International Journal of Primatology. – 2008. – Т. 29. – № 4. –С. 975–985.
37 Hughes, T.P. et al. Global warming transforms coral reef assemblages // Nature. – 2018. – Т. 556. – С. 492–496.
38 Chivian, E., Bernstein, A. Sustaining Life: How Human Health Depends on Biodiversity. – Oxford: Oxford University Press, 2008.
39 Land of the Leopard National Park. Annual Report 2023. – Vladivostok, 2023.
40 IUCN SSC Conservation Planning Specialist Group. Guidelines for Reintroductions and Other Conservation Translocations. – Gland, 2013.
41 CITES. The Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora [Электронный ресурс]. – URL: https://cites.org/ (дата обращения: 05.04.2025).
42 NordGen. Svalbard Global Seed Vault [Электронный ресурс]. – URL: https://www.nordgen.org/sgsv/ (дата обращения: 05.04.2025).
43 UNEP-WCMC and IUCN. Protected Planet Report 2020 [Электронный ресурс]. URL: https://www.protectedplanet.net/en/thematic-areas/protected-planet-report (05.04.2025).
44 Shapiro, J. Mao’s War against Nature: Politics and the Environment in Revolutionary China. – Cambridge: Cambridge University Press, 2001. // Elvin, M. The Retreat of the Elephants: An Environmental History of China. – New Haven: Yale University Press, 2004
45 Walker M. D., Kholodov A. N. Impacts of reindeer grazing on tundra vegetation and permafrost stability in Yamalo-Nenets Autonomous Okrug // Environmental Research Letters. – 2021. – Vol. 16, № 4. – Art. 045016. – DOI:10.1088/1748-9326/abf1c5.
46 Li X., Wang Y., Zhang J. Pollination crisis in China's apple orchards due to pesticide overuse // Agriculture, Ecosystems & Environment. – 2023. – Vol. 344. – Art. 108213. – DOI:10.1016/j.agee.2022.108213.
47 Федорова Е. А. Состояние пчеловодства в России: проблемы и пути решения // Вестник экологической науки. – 2022. – № 2. – С. 45–52.
48 Wang T., Liu H., Chen Z. et al. Single-cell immune priming in plants revealed by spatial transcriptomics // Nature. – 2025. – Vol. 630, № 8015. – P. 123–134.
49 Heil M., Karban R. Volatile cues are common in plant communication // Trends in Plant Science. – 2022. – Vol. 27, № 1. – P. 45–53. – DOI:10.1016/j.tplants.2021.08.006.

50 Simard S. W. Mycorrhizal networks facilitate tree communication, learning, and memory // Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics. – 2021. – Vol. 52. – P. 1–24. – DOI:10.1146/annurev-ecolsys-011722-115031.
51 Fromm J., Lautner S. Electrical signals in plants: fast long-distance signaling for adaptation // Plant Signaling & Behavior. – 2021. – Vol. 16, № 1. – Art. 1848135.
52 Hewezi T., Maier T. Small RNAs in plant-microbe interactions: cross-kingdom and epigenetic regulation // Molecular Plant-Microbe Interactions. – 2023. – Vol. 36, № 2. – P. 96–109. – DOI:10.1094/MPMI-07-22-0165-R.
53 А. А. Рягина, А. М. Захаров, Ю. И. Рягин / Роль патентных исследований при реализации крупных инвестиционных и инженерных и проектов – Текст : электронный // Российские регионы в фокусе перемен : сборник докладов XIX Международной конференции (Екатеринбург, 14–16 ноября 2024 г.). – Екатеринбург : Издательство Издательский Дом «Ажур», 2025. – С. 402-405.
54 Рыжова И. М. Экологическое состояние реки Уводь: антропогенные воздействия и перспективы восстановления / И. М. Рыжова // Вестник Ивановского государственного университета. – 2019. – № 4. – С. 112–117.
55 Петров А. В. Анализ причин неудачи проекта по реабилитации реки Уводь / А. В. Петров // Водные ресурсы. – 2016. – Т. 43, № 3. – С. 301–310. – DOI:10.7868/S0321059616030095.
56 Минприроды России. Отчёт по состоянию водных объектов Ивановской области за период 2010–2020 гг. – Москва, 2021.
57 African Union. The Great Green Wall Initiative: Progress and Challenges. – Addis Abeba: AU Publications, 2020.
58 World Bank. Mid-Term Review of the Great Green Wall for the Sahara and Sahel Initiative. – Washington, D.C., 2018.
59 Reij C. P. Agroecology in drylands: successes and lessons from West Africa / C. P. Reij, A. Tappan, M. Smale // Agriculture, Ecosystems & Environment. – 2021. – Vol. 321. – P. 107593. – DOI:10.1016/j.agee.2021.107593.
60 Thiombiano J. Local communities' participation in afforestation projects in the Sahel: challenges and opportunities / J. Thiombiano et al. // Land Use Policy. – 2022. – Vol. 121. – P. 106341. – DOI:10.1016/j.landusepol.2022.106341.
61 United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). The Great Green Wall: A Status Update. – Bonn: UNCCD Secretariat, 2023.
62 Рягин, Ю. И. Формула риска: учебное пособие / Ю. И. Рягин. – Екатеринбург : УрФУ, 2012. – 520 с. – ISBN 978-5-7996-0803-3.
63 Joosten H. Peatlands: guardians of the global carbon cycle / H. Joosten // Mires and Peat. – 2021. – Vol. 27. – Art. 01. – URL: https://www.mires-and-peat.net/media/mires-and-peat-2021-27-01.pdf .
64 Parish F., et al. Assessing the global threat to biodiversity from peatland loss / F. Parish [et al.] // Conservation Biology. – 2020. – Vol. 34, № 6. – P. 1529–1538. – DOI:10.1111/cobi.13542.
65 Simkin T., Fiske G. R. Krakatau, 1883: The volcanic eruption and its effects / T. Simkin, G. R. Fiske. – Washington D.C.: Smithsonian Institution Press, 1983. – 464 p.
66 Whittaker R. J., Fernández-Palacios J. M. Island biogeography: ecology, evolution, and conservation / R. J. Whittaker, J. M. Fernández-Palacios. – Oxford: Oxford University Press, 2007.
67 Brown J. H., Lomolino M. V. Biogeography / J. H. Brown, M. V. Lomolino. – Sunderland: Sinauer Associates, 1998. – 691 p.
68 Рягин Ю.И. Ты - аналитик : учеб. пособие . 2-е изд. - Екатеринбург : УрФУ, 2010.
69 Создай наше 2025 : всероссийский конкурс среди субъектов МСП [Электронный ресурс]. – URL: https://мсп.рф/services/sozdaj-nashe/promo (дата обращения: 05.04.2025).
70 Баскакова И.В. и др. / Экономика развития : учебное пособие. Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2021. 116 стр.

Приложение А

Используя данные статистического отдела ООН по постоянным акваториям озер и рек в квадратных километрах за 2022 год (см. рисунок 1), произведём группировку по показателям площади этих объектов.

		Страны и регионы	2022 год
2			
3		Afghanistan	545,73842
4		Africa	144264,1522
5		Åland Islands	25,9766
6		Albania	240,55544
276		World	2585526,574
277		Yemen	65,01258
278		Zambia	9106,47533
279		Zimbabwe	406,28901
280			
281	**Всего**	277	

Рисунок А1 – Часть таблицы показателей площади акваторий в кв.км

Оптимальное количество групп приблизительно можно определить по формуле Стерджеса:

$$m = 1+ 3,322\log n, \quad (A1)$$

где m – количество групп,

n – объем совокупности.

m = 9.

Ширина интервала h определяется по формуле:

$$h = (x\ max – x\ min)/m \quad (A2)$$

где xmax и xmin – наименьшее и наибольшее значение признака в совокупности

m – количество групп.

h = 287280 кв/км

Группа	Диапазон площади		Число территорий
	от	до	
1	0	287280	261
2	287280	574560	6
3	574560	861840	0
4	861840	1149120	2
5	1149120	1436400	2
6	1436400	1723680	2
7	1723680	2010960	0
8	2010960	2298240	0
9	2298240	2585530	1

Рисунок А2 – Результаты группировки по площади водных объектов

Как видно из рисунка 2, большая часть территорий, подразделяемых ООН находятся в первой группе. Россия, как и ряд других крупных образований с высоким водным потенциалом, относится ко второй группе. В остальные группы входят территории, объединённые по различным признакам и показателям, что означает вариативность группировки. К примеру, по географическому признаку можно выделить целый континент Африку, который объединит множество стран и различных по природному содержанию территорий.

Используя данные Росгидромета (см. рисунок 3) по среднему годовому, сезонному и месячному расходу воды (см. рисунок 4) по г/ст. р.Ока - г.Калуга за период с 1990 по 2014 год произведём анализ сезонных колебаний.

Год	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1990	176	343	1180	414	226	271	172	170	373	311	517	317
1991	241	189	526	629	411	330	238	184	194	399	346	227
1992	256	228	518	701	243	161	144	130	145	169	225	197
1993	215	217	648	596	227	184	238	257	197	244	190	165
1994	178	144	197	2670	411	284	159	137	133	142	167	153
1995	163	189	854	691	362	209	173	160	179	176	195	140
1996	135	136	146	1020	289	164	151	135	138	141	174	173
1997	120	121	293	418	201	209	210	149	136	271	289	192
1998	193	197	658	1160	599	253	241	215	352	480	476	209
1999	220	226	358	2210	387	223	187	249	195	219	216	202
2000	182	194	261	1280	259	210	245	227	240	188	257	263
2001	258	242	580	1010	273	300	188	163	176	180	195	197
2002	152	440	705	313	215	162	145	141	153	188	208	151
2003	138	134	130	1410	408	180	173	176	234	221	235	265
2004	231	240	840	659	417	279	362	217	183	192	235	244
2005	419	280	243	1260	442	339	251	180	169	177	187	200
2006	176	152	175	1400	313	330	174	229	326	246	311	271
2007	354	260	971	338	299	181	170	175	174	190	195	224
2008	161	203	676	391	286	203	231	164	179	173	193	272
2009	181	179	236	835	361	262	172	165	154	183	318	199
2010	159	144	386	1010	264	187	126	113	125	128	147	164
2011	166	154	148	612	269	128	154	138	131	139	142	173
2012	208	147	196	1390	292	208	146	126	142	175	302	213
2013	157	156	176	1680	448	265	206	155	278	219	271	283
2014	374	311	436	275	183	162	129	117	129	131	139	141

Рисунок А3 – Значения средних месячных, годовых и сезонных расходов воды, м3/с, по г/ст. р.Ока - г.Калуга за период с 1990 по 2014 год

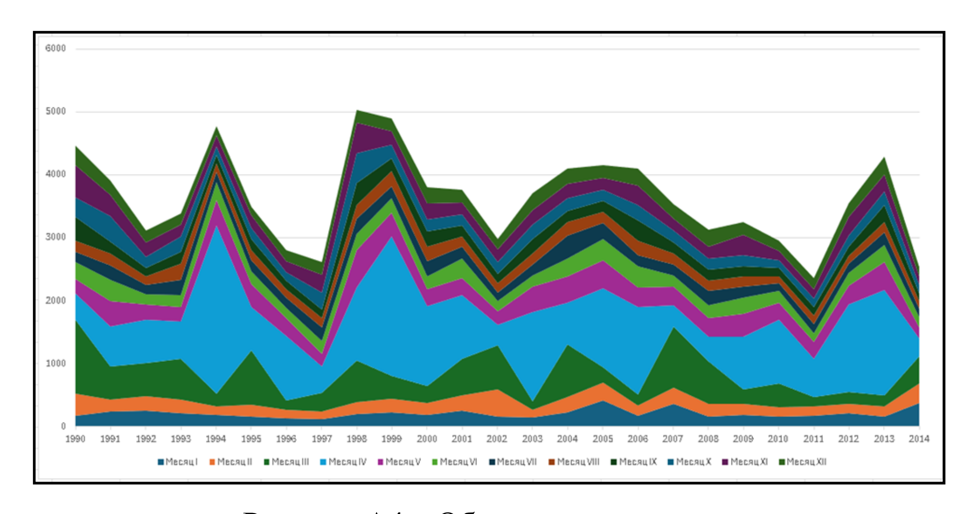


Рисунок А4 – Общая визуализация данных

Для выделения сезонной волны можно использовать метод абсолютных разностей. В рамках этого метода в качестве характеристики сезонности выступает разница между средним уровнем за несколько исследуемых лет и общим средним за данный период:

$$\Delta_i = \overline{y}_i - \overline{y}_{0i}, \tag{А3}$$

где Δi – абсолютные отклонения фактических уровней или средних месячных (квартальных) уровней от общей средней или трендового i-го уровня .

Метод относительных разностей описывает относительную сезонную неравномерность с помощью следующей зависимости:

$$\delta_i = \frac{\overline{y}_i - \overline{y}_{0i}}{\overline{y}_{0i}}. \tag{А4}$$

Кроме того, по каждому месяцу (кварталу) может быть определен индекс сезонности (см. рисунок 5, 6), который определяется как отношение среднего уровня соответствующего месяца к общей средней:

$$\overline{I}_{si} = \frac{\overline{y}_i}{\overline{y}_{0i}} \times 100. \tag{А5}$$

Год		Ср. знач. за 25 лет	Δi абс.от.	δi отн. р.	Инд.сез.
Месяц	I	208,52	-93,67	-0,31	69,00
	II	209,04	-93,15	-0,31	69,18
	III	461,48	159,29	0,53	152,71
	IV	974,88	672,69	2,23	322,61
	V	323,40	21,21	0,07	107,02
	VI	227,36	-74,83	-0,25	75,24
	VII	191,40	-110,79	-0,37	63,34
	VIII	170,88	-131,31	-0,43	56,55
	IX	193,40	-108,79	-0,36	64,00
	X	211,28	-90,91	-0,30	69,92
	XI	245,20	-56,99	-0,19	81,14
	XII	209,40	-92,79	-0,31	69,29
		Общ.ср.			
		302,19			

Рисунок А5 – Численные результаты отклонений и индекс сезонности



Рисунок А6 – График сезонности распределения расхода воды

Сезонная волна и тенденция также может быть выявлена и при разработке аналитических моделей. Используем мультипликативную модель. Для выравнивания применим формулу средней хронологической:

$$\overline{y} = \frac{\frac{1}{2}y_1 + y_2 + y_3 + \ldots + y_{n-1} + \frac{1}{2}y_n}{n-1}. \quad (А6)$$

В случае мультипликативных моделей определяем коэффициенты сезонности согласно выражению:

$$K_{sj} = \frac{y_t}{\tilde{y}_t}, \quad (А7)$$

где Ksj – коэффициент сезонности,

yt – фактические значения,

y^ – выровненные центрированные скользящие средние.

Находим средние коэффициенты сезонности K^sj по формуле средней арифметической простой из коэффициентов сезонности для одноименных месяцев.

Сумма средних коэффициентов сезонности должна быть равна 12. Поэтому необходимо провести корректировку полученных коэффициентов, используя поправочный коэффициент, применяя формулу:

$$\hat{K}_{Sj} = \overline{K}_{sj} \times K_{п}, \quad (А8)$$

где ^KSj –скорректированный коэффициент сезонности,

K^sj –средний показатель сезонности,

Кп – поправка, которая определяется по формуле (в числителе 12):

$$K_{п} = \frac{4}{\left(\sum \overline{K}_{sj}\right)}. \quad (А9)$$

Проведем десезонализацию уровней исходного ряда, исключив влияние сезонности:

$$U_t = \frac{y_t}{\hat{K}_{sj}}, \quad (А10)$$

где Ut – десезонализированное значение уровня ряда (исключена сезонная компонента),

yt – фактическое значение уровня ряда,

ˆKsj – скорректированный коэффициент сезонности.

Чтобы выявить тенденцию, проведем аналитическое выравнивание, используя линейный тренд $U_t = a + bt;$:

$$y = a + bt \quad (А11)$$

Система нормальных уравнений:

$$\begin{cases} \sum y = na + b\sum t \\ \sum yt = a\sum t + b\sum t^2 \end{cases} \quad (A12)$$

Далее находим параметры a и b. Подставив в полученное после выравнивания уравнение значения t, определим теоретические значения U ˆ.

Определим тренд с учетом сезонности ys:

$$y_s = \hat{U}_t \times \hat{K}_{sj}, \quad (A13)$$

где ys – теоретический уровень ряда, обусловленный влиянием сезонности,

ˆUt – теоретический десезонализированный уровень ряда,

ˆKsj – скорректированный коэффициент сезонности.

Как правило, теоретические значения ˆUt не совпадают со значениями Ut, полученными после десезонализации уровней ряда, поскольку десезонализированный ряд отражает тенденцию вместе со случайной составляющей. Для расчета случайной компоненты используется коэффициент, который определяется по формуле:

$$E_t = \frac{y_t}{y_s}, \quad (A14)$$

где Et – коэффициент случайной компоненты,

yt – фактическое значение уровня ряда,

ys – теоретический уровень ряда, обусловленный влиянием сезонности.

Среднее влияние случайной компоненты определяется с помощью следующего выражения:

$$\overline{E}_t = \frac{\sum E_t}{n}, \quad (A15)$$

где Et –среднее влияние случайной компоненты,

суммEt –коэффициент случайной компоненты,

n – количество уровней ряда.

В нашем случае среднее влияние случайной компоненты составило =0,97. Незначительное отклонение среднего значения случайной компоненты от единицы свидетельствует о хорошем качестве модели и возможности ее использования в целях прогнозирования на следующие периоды.

Ввиду объёмности результатов приведём только верхнюю и нижнюю часть таблицы вычислений (см. рисунок 7).

51	Годы	Месяцы	Расход	Ср. хрон.	Инд. сезон.	Ср. месяч.	Скор. коэф.	Десезон. Ut	t^2	y*t	Ut	ys	Et
52	1990	1	176			0,96	0,99	177,82	1	176	338,28	334,8204	0,53
53		2	343			0,84	0,87	394,41	4	686	338,04	293,9811	1,17
54		3	1180	606,00	1,95	1,06	1,10	1076,97	9	3540	337,80	370,1174	3,19
55		4	414	626,17	0,66	1,63	1,69	245,45	16	1656	337,56	569,3602	0,73
56		5	226	455,17	0,50	0,62	0,64	354,16	25	1130	337,32	215,2521	1,05
57		6	271	263,33	1,03	0,64	0,66	410,52	36	1626	337,08	222,517	1,22
58		7	172	213,67	0,80	0,86	0,89	192,99	49	1204	336,84	300,2068	0,57
348		297	129	125,33	1,03			123,29	88209	38313	267,24	279,6281	0,46
349		298	131	129,33	1,01			123,64	88804	39038	267,00	282,89	0,46
350		299	139	135,00	1,03			121,78	89401	41561	266,76	304,4814	0,46
351		300	141					141,77	90000	42300	266,52	265,0743	0,53
352													
353		Сумма	Сумма	n	a	b		Средн.влияние случ. компоненты	Сумма	Сумма			Сумма
354		45150	90656	300	338,52	-0,24		0,97	9045050	13100529			290,20

Рисунок А7 – Расчёты сезонности

Таким образом, после применения данного метода был определен тренд, который показывает снижение общего стока (см. рисунок 8), который не был четко виден изначально (см. рисунок 9).

Стоит отметить, что подобное снижение может сопровождаться увеличением амплитуды, но это нивелируется антропогенным фактором (см. рисунок 10). Данный график показывает сумму отклонений от условно естественного (взятого по показаниям до 1929 года, когда человеческое воздействие было не столь сильно) и в идеале все линии должны находиться вблизи нулевой, но как видим ближе всех только показания стока по сезону лето-осень. Зимнее отклонение связано с различными природными, климатическими и антропогенными факторами и показывает увеличение стока в этот период. Годовое отклонение указывает на общее снижение стока, которое мы также определили ранее. Отклонение в сезон половодья показывает, что сток за данный период ниже, чем в естественных условиях, что достигнуто обилием водохранилищ, плотин и дамб реки Волги.

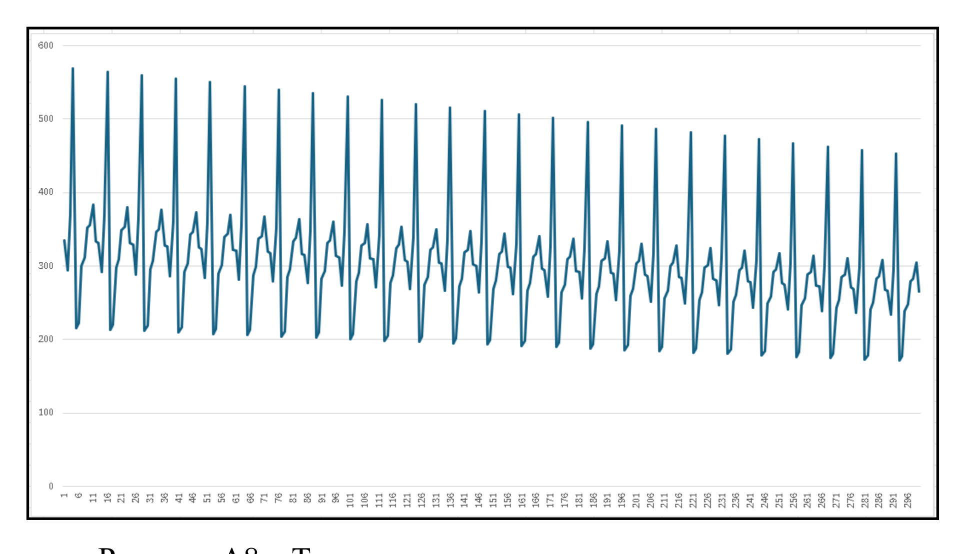


Рисунок А8 – Тенденция к ежегодному снижению стока

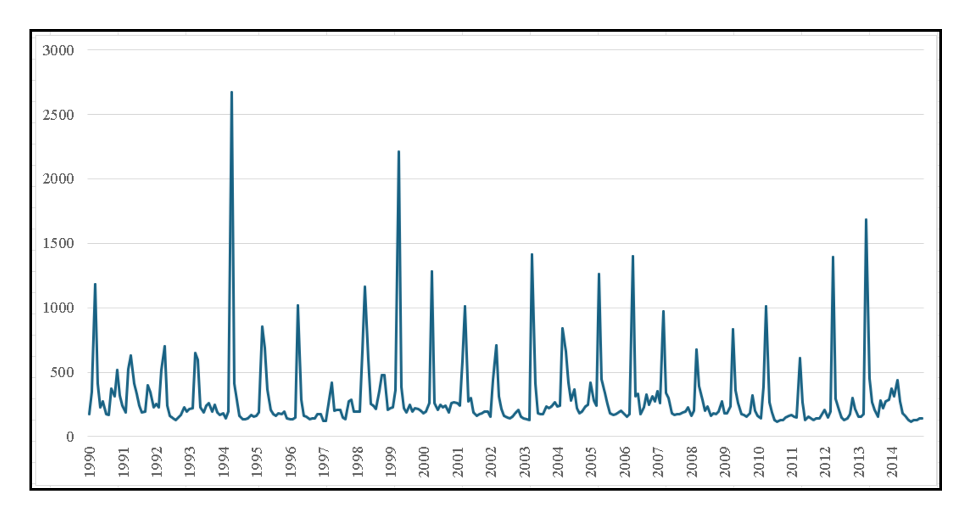


Рисунок А9 – График ежегодной сезонности

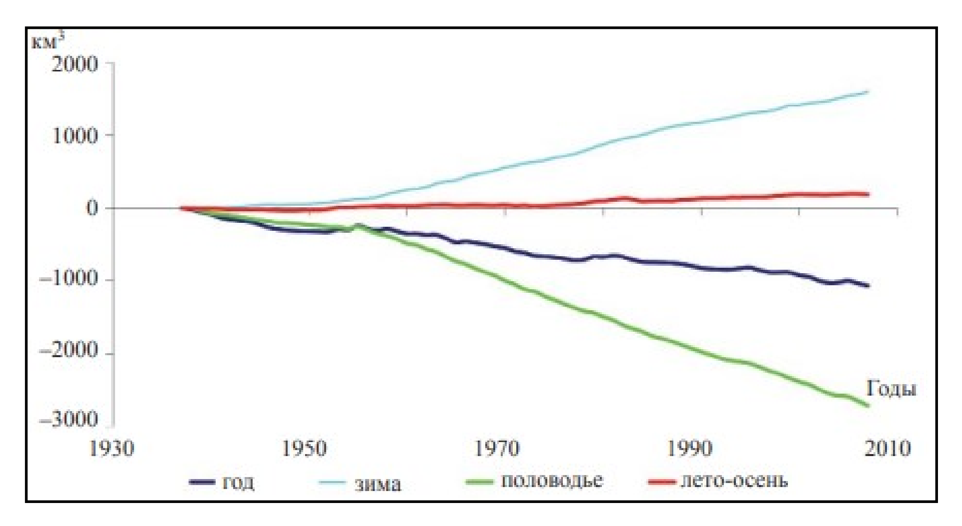


Рисунок А10 – Нарастающая сумма отклонений фактического годового и сезонного стока р. Волги у г. Волгограда от восстановленного (условно-естественного стока), км3.

Используя данные Росстата по использованию свежей воды по Российской Федерации (см. рисунок 11), произведём расчёт темпов роста/снижения использования.

Расчет цепным способом для второго года:

$$T = П2/П1, \quad (А16)$$

где П1 – показатель первого года (предыдущего),

П2 – показатель второго года (для которого расчитываем).

Расчёт цепным способом для третьего года:

$$T = П3/П2, \quad (А17)$$

где П2 – показатель второго года (предыдущего),

П3 – показатель третьего года (для которого расчитываем).

Аналогично для последующих.

Расчёт базисным способом для второго года:

$$T = П2/П1, \qquad (А18)$$

где П1 – показатель первого года (базисного),

П2 – показатель второго года (для которого расчитываем).

Расчёт базисным способом для третьего года:

$$T = П3/П1, \qquad (А19)$$

где П2 – показатель первого года (базисного),

П3 – показатель третьего года (для которого расчитываем).

Аналогично для последующих (см. рисунок 12).

Использование свежей воды по Российской Федерации (миллиардов кубических метров)				
	Всего	из них		
		на орошение и сельскохозяйственное водоснабжение	на производственные нужды	на хозяйственно-питьевые нужды
1993	85,1	17,0	46,0	14,6
1994	77,1	15,3	40,8	14,3
1995	75,8	14,6	39,7	14,2
2019	51,9	7,5	27,4	7,4
2020	47,0	6,5	24,7	7,3
2021	48,1	6,8	24,9	7,4
2022	47,9	6,5	25,5	7,4

Рисунок А11 – Часть таблицы с информацией по использованию воды

Темпы роста/снижения использования					
Расчёт		Цепным способом		Базисным способом	
Годы	Объём (млрд/куб.м)	Коэф.	%	Коэф.	%
1993	85,1				
1994	77,1	0,905993	90,6	0,905993	90,6
1995	75,8	0,983139	98,3	0,890717	89,1
1996	73,2	0,965699	96,6	0,860165	86,0
1997	70,2	0,959016	95,9	0,824912	82,5
1998	66,2	0,94302	94,3	0,777908	77,8
1999	67,7	1,022659	102,3	0,795535	79,6
2000	66,9	0,988183	98,8	0,786134	78,6
2001	66,8	0,998505	99,9	0,784959	78,5
2002	64,9	0,971557	97,2	0,762632	76,3
2003	64,1	0,987673	98,8	0,753231	75,3
2004	61,5	0,959438	95,9	0,722679	72,3
2005	61,3	0,996748	99,7	0,720329	72,0
2006	62,2	1,014682	101,5	0,730905	73,1
2007	62,5	1,004823	100,5	0,73443	73,4
2008	62,9	1,0064	100,6	0,73913	73,9
2009	57,7	0,917329	91,7	0,678026	67,8
2010	59,5	1,031196	103,1	0,699177	69,9
2011	59,5	1	100,0	0,699177	69,9
2012	56,9	0,956303	95,6	0,668625	66,9
2013	53,6	0,942004	94,2	0,629847	63,0
2014	55,7	1,039179	103,9	0,654524	65,5
2015	54,5	0,978456	97,8	0,640423	64,0
2016	54,6	1,002486	100,2	0,642015	64,2
2017	53,5	0,978694	97,9	0,628336	62,8
2018	53,0	0,990523	99,1	0,622382	62,2
2019	51,9	0,980615	98,1	0,610317	61,0
2020	47,0	0,905456	90,5	0,552615	55,3
2021	48,1	1,022361	102,2	0,564972	56,5
2022	47,9	0,995724	99,6	0,562556	56,3
Средняя геометрическая или средний темп роста		0,980359	98,0		
Средний темп прироста		-2,0			
Средняя арифмитическая		61,392992			

Рисунок А12 – Результаты расчётов темпов изменения использования воды

Т.к. у нас равные интервалы (1 год), а объем совокупности формируется не суммой, а произведением индивидуальных значений признаков, то вычислим среднюю геометрическую, т.е. среднегодовой темп изменения использования воды.

$$\bar{K} = \sqrt[m]{K_1 \times K_2 \times \ldots \times K_m}, \tag{А20}$$

где K – темпы роста,

m – количество темпов роста (m = n – 1).

В нашем случае он будет равен 98%.

Интенсивность изменения уровней временного ряда характеризуется темпами прироста. Цепной и базисный:

$$\text{Тпр}^{\text{ц}} = \frac{\Delta y_i^{\text{ц}}}{y_{i-1}} \times 100\,\% = \frac{y_i - y_{i-1}}{y_{i-1}} \times 100\,\%, \tag{А21}$$

$$\text{Тпр}^{\text{б}} = \frac{\Delta y_i^{\text{б}}}{y_0} \times 100\,\% = \frac{y_i - y_0}{y_0} \times 100\,\%. \tag{А22}$$

Результаты на рисунке 13.

Определение величины абсолютного значения 1 % прироста может быть осуществлено двумя способами:

$$\text{А}\,\% = \frac{\Delta y^{\text{ц}}}{\text{Тпр}^{\text{ц}}} = \frac{y_{n-1}}{100}. \tag{А23}$$

Расчет этого показателя имеет смысл только на цепной основе, поскольку для базисного варианта для всех уровней будет получено одно и то же значение – сотая часть базисного (первого) уровня. Результаты на рисунке 5.

Если систематически растут цепные темпы роста, то это означает развитие ряда с относительным ускорением. Относительное ускорение можно определить как разность следующих друг за другом темпов роста или прироста:

$$\Delta^{\text{ц}}\text{Тпр} = \text{Тпр}_i - \text{Тпр}_{i-1}. \tag{А24}$$

Результаты на рисунке 13.

Относительное ускорение может быть определено также с помощью коэффициента опережения, который определяется как отношение последующих темпов прироста к предыдущему:

$$\text{Коп}^{\text{Тпр}} = \frac{\text{Тпр}_i}{\text{Тпр}_{i-1}}. \tag{А25}$$

Результаты на рисунке 13.

Расчёт							
Годы	Объём (млрд/куб.м)	Тпрц	Тпрб	А%	ΔТпр	КопТпр	Ср.аб.пр Δ
1993	85,1						
1994	77,1	-9,40071	-9,40071	0,851			-0,27586
1995	75,8	-1,68612	-10,9283	0,771	7,714583	0,179361	-0,32069
1996	73,2	-3,43008	-13,9835	0,758	-1,74396	2,034301	-0,41034
1997	70,2	-4,09836	-17,5088	0,732	-0,66828	1,19483	-0,51379
1998	66,2	-5,69801	-22,2092	0,702	-1,59965	1,390313	-0,65172
1999	67,7	2,265861	-20,4465	0,662	7,963867	-0,39766	-0,6
2000	66,9	-1,18168	-21,3866	0,677	-3,44754	-0,52152	-0,62759
2001	66,8	-0,14948	-21,5041	0,669	1,032207	0,126495	-0,63103
2002	64,9	-2,84431	-23,7368	0,668	-2,69483	19,02844	-0,69655
2003	64,1	-1,23267	-24,6769	0,649	1,611646	0,433379	-0,72414
2004	61,5	-4,05616	-27,7321	0,641	-2,8235	3,290562	-0,81379
2005	61,3	-0,3252	-27,9671	0,615	3,730959	0,080175	-0,82069
2006	62,2	1,468189	-26,9095	0,613	1,793392	-4,51468	-0,78966
2007	62,5	0,482315	-26,557	0,622	-0,98587	0,32851	-0,77931
2008	62,9	0,64	-26,087	0,625	0,157685	1,326933	-0,76552
2009	57,7	-8,26709	-32,1974	0,629	-8,90709	-12,9173	-0,94483
2010	59,5	3,119584	-30,0823	0,577	11,38667	-0,37735	-0,88276
2011	59,5	0	-30,0823	0,595	-3,11958	0	-0,88276
2012	56,9	-4,36975	-33,1375	0,595	-4,36975	#ДЕЛ/0!	-0,97241
2013	53,6	-5,79965	-37,0153	0,569	-1,4299	1,327227	-1,08621
2014	55,7	3,91791	-34,5476	0,536	9,717559	-0,67554	-1,01379
2015	54,5	-2,1544	-35,9577	0,557	-6,07231	-0,54988	-1,05517
2016	54,6	0,248624	-35,7985	0,545	2,403022	-0,1154	-1,0505
2017	53,5	-2,13063	-37,1664	0,546355	-2,37925	-8,56969	-1,09064
2018	53,0	-0,94767	-37,7618	0,534714	1,182964	0,444782	-1,10811
2019	51,9	-1,93852	-38,9683	0,529647	-0,99085	2,045573	-1,14352
2020	47,0	-9,4544	-44,7385	0,51938	-7,51588	4,877126	-1,31284
2021	48,1	2,236073	-43,5028	0,470275	11,69047	-0,23651	-1,27658
2022	47,9	-0,42757	-43,7444	0,480791	-2,66364	-0,19121	-1,28367

Рисунок А13 – Результаты расчёта показателей и средних показателей

Т.к. у нас интервальный ряд с равными интервалами, то можно использовать среднюю арифметическую простую:

$$\overline{y} = \frac{\sum y_i}{n}, \qquad (А26)$$

где y – средний уровень ряда,

yi – уровень ряда

n – число уровней ряда.

Получаем в результате 61 млрд. куб/м.

Средний абсолютный прирост дает характеристику средней скорости роста уровней ряда динамики:

$$\overline{\Delta} = \frac{y_m - y_0}{m}, \qquad (А27)$$

где m – число цепных абсолютных приростов (m = n – 1).

Ранее мы вычисляли средний темп роста через среднюю геометрическую и он был равен 98%. На основе среднего темпа роста может быть определен средний темп прироста,

который отражает, на сколько процентов в среднем увеличивается или уменьшается этот уровень в сравнении с предыдущим.

$$\overline{\text{Тпр}} = \overline{K\ \%} - 100\ \%. \tag{A28}$$

В данном случает он будет равен -2%. Т.е. это ежегодное усредненное снижение потребления воды.

Приведём график использования воды в РФ (см. рисунок 14).

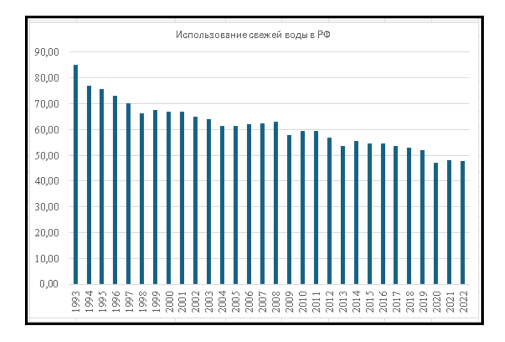


Рисунок А14 – График использования воды в РФ

Для лучшей визуализации произведём выравнивание ряда методом укрупнения интервалов. Используем трёхлетние интервалы и для каждого интервала вычислим средние по формуле средней арифметической простой, относя полученный результат к среднему году соответствующего периода (см. рисунок 15).

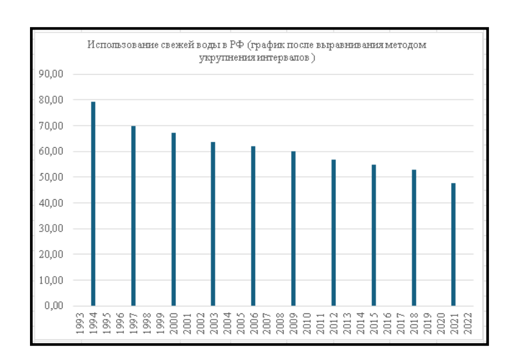


Рисунок А15 – График использования свежей воды в РФ после метода укрупнения интервалов

Еще одним методом, цель которого заключается в устранении влияния случайных факторов, является метод скользящей средней. В результате выравнивания методом скользящей средней мы получаем новый динамический ряд, построенный из скользящих средних, который демонстрирует более выраженную тенденцию развития явления за счет устранения колебаний уровней в результате случайных причин (см. рисунок 16).

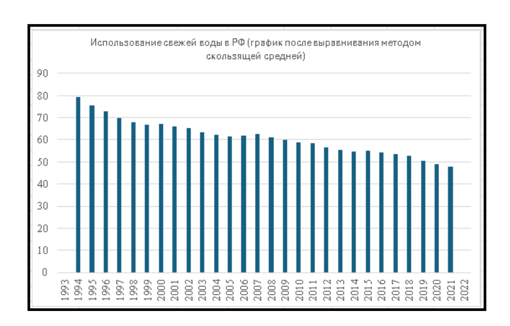


Рисунок А16 – График использования свежей воды в РФ после скользящей средней

Использование в анализе рядов динамики метода укрупнения интервалов и метода скользящей средней позволяет выявить тренд, но получить его статистическую оценку с помощью данных методов невозможно. Метод аналитического выравнивания помогает устранить этот недостаток двух ранее рассмотренных методов.

Исходя из предположения, что вершины графиков можно усредненно соединить прямой нисходящей линией, используем линейную функцию для проведения аналитического выравнивания.

$$y = a + bt \tag{А29}$$

Система нормальных уравнений:

$$\begin{cases} \sum y = na + b\sum t \\ \sum yt = a\sum t + b\sum t^2 \end{cases} \tag{А30}$$

Произведя все необходимые вычисления получаем следующие результаты, а также выполняем прогноз до 2028 года (см. рисунок 17). График после аналитического выравнивания и прогноз представлен на рисунке 18.

Для проверки верности выбора способа выравнивания, вычислений и прогноза используют остаточную дисперсию и величину коэффициента детерминации.

Остаточная дисперсия:

$$\sigma^2_{ост} = \frac{\sum(y_t - \hat{y}_t)^2}{n}, \tag{А31}$$

где $\sigma^2_{ост}$ – остаточная дисперсия,

y_t – фактическое значение, относящееся ко времени t,

$\hat{y}_t$ – теоретическое значение, рассчитанное по найденному уравнению тренда и относящееся ко времени t,

n – количество наблюдений.

Выравнивание						
Ср.арифм.	Скольз.ср.	t^2	y*t	Ан.выравн.^yt	(yt - ^yt)^2	y^2
		3972049	169604,3	77,45	58,52	7242,01
79,33	79,33	3976036	153737,4	76,46	0,41	5944,41
	75,37	3980025	151221	75,47	0,11	5745,64
	73,07	3984016	146107,2	74,48	1,64	5358,24
69,87	69,87	3988009	140189,4	73,49	10,82	4928,04
	68,03	3992004	132267,6	72,5	39,69	4382,44
	66,93	3996001	135332,3	71,51	14,52	4583,29
67,13	67,13	4000000	133800	70,52	13,10	4475,61
	66,20	4004001	133666,8	69,53	7,45	4462,24
	65,27	4008004	129929,8	68,54	13,25	4212,01
63,50	63,50	4012009	128392,3	67,55	11,90	4108,81
	62,30	4016016	123246	66,56	25,60	3782,25
	61,67	4020025	122906,5	65,57	18,23	3757,69
62,00	62,00	4024036	124773,2	64,58	5,66	3868,84
	62,53	4028049	125437,5	63,59	1,19	3906,25
	61,03	4032064	126303,2	62,6	0,09	3956,41
60,03	60,03	4036081	115919,3	61,61	15,29	3329,29
	58,90	4040100	119595	60,62	1,25	3540,25
	58,63	4044121	119654,5	59,63	0,02	3540,25
56,67	56,67	4048144	114482,8	58,64	3,03	3237,61
	55,40	4052169	107896,8	57,65	16,40	2872,96
	54,60	4056196	112179,8	56,66	0,92	3102,49
54,95	54,95	4060225	109817,5	55,67	1,37	2970,25
	54,20	4064256	110145,2	54,68	0,00	2985,04
	53,69	4068289	107851,9	53,69	0,05	2859,19
52,79	52,79	4072324	106882,7	52,7	0,07	2805,26
	50,64	4076361	104862,7	51,71	0,05	2697,55
	49,01	4080400	94995,63	50,72	13,63	2211,59
47,66	47,66	4084441	97167,88	49,73	2,73	2311,60
		4088484	96800,3	48,74	0,75	2291,88
			Прогноз		Сумма	Сумма
Сумма y	1841,79		2023	47,75	277,76	115469,39
Сумма t	60225		2024	46,76		
Сумма t^2	120903935		2025	45,77	Ост. дисп.	Дисп.ис.пр.
Сумма y*t	3695166,5		2026	44,78	9,26	79,88
a=	2050,52		2027	43,79	Коэф. детерминации	
b=	-0,99		2028	42,8	0,88	

Рисунок А17 – Результаты вычислений в ходе различных типов выравнивания рядов

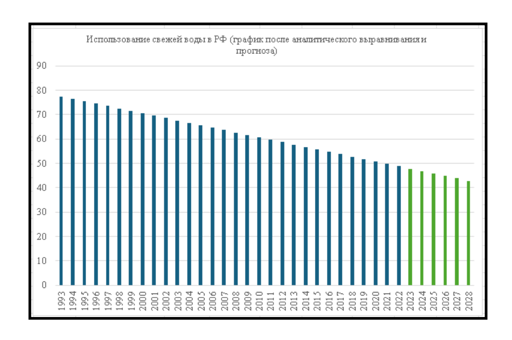


Рисунок А18 – График использования свежей воды после аналитического выравнивания и прогноза

Чем меньше значение остаточной дисперсии (то есть чем ближе его значение к нулю), тем лучше найденное уравнение тренда описывает тенденцию. В нашем случае она равна 9.

Дисперсия исследуемого признака:

$$\sigma_y^2 = \frac{\sum y^2}{n} - (\overline{y})^2, \tag{А32}$$

где σ^2_y – дисперсия исследуемого признака y,

y – фактическое значение, относящееся ко времени t,

y^ – среднее значение исследуемого признака,

n – количество наблюдений.

Коэффициента детерминации:

$$R^2 = 1 - \frac{\sigma^2_{\text{ост}}}{\sigma^2_y}, \tag{А33}$$

Анализируя полученные значения коэффициентов детерминаций, можно сказать, что чем ближе значение этого коэффициента к единице, тем меньше случайной компоненты и тем лучше данная тенденция описывает уравнение тренда. В нашем случае, коэффициент детерминации равен 0,88. Это означает, что анализируемая тенденция описывает 88 % колеблемости исследуемого признака, а 12 % приходится на долю случайной компоненты.

Используя данные Росстата в анализе средних величин для изучения объема сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты (в млн м3) в субъектах РФ в 2022 году. При этом сформируем случайную 25%-ю выборку из субъектов РФ. Объем выборки составит 20 наблюдений (см. рисунок 19).

№ пп	Субъект РФ	Сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты (млн м3)
1	Белгородская область	59
2	Воронежская область	121
3	Калужская область	73
4	Костромская область	38
5	Орловская область	44
6	Тамбовская область	40
7	Тульская область	128
8	Астраханская область	35
9	Республика Башкортостан	200
10	Удмуртская Республика	74
11	Чувашская Республика	56
12	Пермский край	135
13	Пензенская область	96
14	Курганская область	29
15	Республика Хакасия	31
16	Иркутская область	447
17	Кемеровская область	204
18	Республика Бурятия	26
19	Хабаровский край	162
20	Еврейская автономная область	12

Рисунок А19 – Выборка субъектов РФ по сбросу сточных вод в 2022 году

Т.к. рассматриваемый признак – объем сброса сточных вод – является непрерывным, то для его изучения необходимо сформировать интервальный ряд распределения (выполнить группировку).

Выполним группировку выборочных субъектов РФ по признаку «Сброс загрязненных сточных вод». Оптимальное количество групп с равными интервалами определим по формуле Стёрджесса:

$$m = 1+ 3,322 \log n, \quad (А34)$$

где m – количество групп, n – объем совокупности.

$$m = 1 + 3{,}322\, lg\, 20 = 5$$

Построим интервальный ряд из 5 групп.

Определим ширину интервала по формуле:

$$h = (x\ max - x\ min)/m \quad (А35)$$

где x_{min} и x_{max} – наименьшее и наибольшее значение признака в совокупности.

$$x_{max} = 447 \text{ млн м3}$$

$$x_{min} = 12 \text{ млн м3}$$

$$h = \frac{447 - 12}{m} = \frac{435}{5} = 87{,}0 \text{ млн. м3}$$

Определим границы каждого интервала. Определим число субъектов в каждой группе (частоту), а также накопленную частоту и середину каждого интервала.

Результаты группировки представим в Таблице 1.

Таблица А1 – Распределение субъектов РФ по сбросу сточных вод в 2022 году

№ интервала	Сброс сточных вод, млн м3	Число субъектов, fi	Накопленная частота, Si	Средний сброс сточных вод, млн м3, xi
1	12,0-99,0	1	1	55,5
2	99,0-186,0	12	13	142,5
3	186,0-273,0	4	17	229,5
4	273,0-360,0	2	19	316,5
5	360,0-447,0	1	20	403,5
Итого		20		

Рассчитаем средние характеристики ряда распределения субъектов РФ по объему сброса сточных вод в 2022 году. Т.к. построен интервальный ряд распределения, для анализа признака необходимо использовать взвешенные формулы.

Рассчитаем среднюю арифметическую взвешенную:

$$\overline{x} = \frac{\sum x_i f_i}{\sum f_i} \qquad (А36)$$

где x_i – среднее значение каждого интервала, f_i – частота интервала.

Расчеты представим в Таблице 2.

Таблица А2 – Расчет среднего сброса сточных вод в 2022 году

№ интервала	Сброс сточных вод, млн м3	Число субъектов, fi	Средний сброс сточных вод, млн м3, xi	xi·fi
1	12,0-99,0	1	55,5	55,5
2	99,0-186,0	12	142,5	1710,0
3	186,0-273,0	4	229,5	918,0
4	273,0-360,0	2	316,5	633,0
5	360,0-447,0	1	403,5	403,5
Итого		20		3720,0

$$\overline{x} = \frac{3720{,}0}{20} = 186{,}0 \text{ млн м3}$$

Средний объем сброса сточных вод в субъектах РФ в 2022 году составил 186,0 млн м3.

Рассчитаем модальное значение (см. рисунок 20):

$$Mo = x_{\text{Mo}} + i \cdot \frac{(f_{Mo} - f_{Mo-1})}{(f_{Mo} - f_{Mo-1}) + (f_{Mo} - f_{Mo+1})}, \qquad (А37)$$

где x_{Mo} и i – нижняя граница и ширина модального интервала; f_{Mo}, f_{Mo-1}, f_{Mo+1} – частоты модального, предмодального и послемодального интервалов.

Модальный интервал – интервал с наибольшей частотой (второй (99,0-186,0), частота которого равна 12). Тогда:

$$Mo = 99{,}0 + 87{,}0 \cdot \frac{(12 - 1)}{(12 - 1) + (12 - 4)} = 149{,}4 \text{ млн. м3}$$

Модальный сброс сточных вод составил 149,4 млн м3.

Рассчитаем медианное значение (см. рисунок 21):

$$Me = x_{\text{Me}} + i \cdot \frac{\frac{1}{2}\sum f_i - S_{Me-1}}{f_{Me}}, \qquad (А38)$$

где x_{Me} и i – нижняя граница и величина медианного интервала; f_{Me}, – частота медианного интервала, S_{Me-1} – накопленная частота предмедианного интервала.

№ пп	Субъект РФ	Сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты (млн м3)					№ интервала	Сброс сточных вод, млн м3	Нижняя граница, млн м3	Верхняя граница млн м3	Число субъектов, fi
1	Белгородская область	59					1	12,0-99,0	12,0	99,0	1
2	Воронежская область	121					2	99,0-186,0	99,0	186,0	12
3	Калужская область	73					3	186,0-273,0	186,0	273,0	4
4	Костромская область	38					4	273,0-360,0	273,0	360,0	2
5	Орловская область	44					5	360,0-447,0	360,0	447,0	1
6	Тамбовская область	40					Итого				20
7	Тульская область	128									
8	Астраханская область	35					Среднее	186,0			
9	Республика Башкортостан	200					Мода	=J3+F15*(L3-L2)/(L3-L2+			
10	Удмуртская Республика	74		n	5		Медиана	164,3			
11	Чувашская Республика	56		x max	447		Ср.лин.отклон	0,00			
12	Пермский край	135		x min	12		Дисперсия	6433,65			
13	Пензенская область	96		R	435,0		Среднекв.отклонение	80,21			
14	Курганская область	29		h	87,0		Коэффициент вариации	43,12%			
15	Республика Хакасия	31									
16	Иркутская область	447									
17	Кемеровская область	204									
18	Республика Бурятия	26									
19	Хабаровский край	162									
20	Еврейская автономная область	12									

Рисунок А20 – Расчет моды

Для определения медианы необходимо воспользоваться накопленными частотами Si. Из данных таблицы видно, что превышение половины объема совокупности 10 отвечает второму интервалу (99,0-186,0). Этот интервал и примем за медианный интервал. Тогда:

$$Me = 99{,}0 + 87{,}0 \cdot \frac{\frac{1}{2} \cdot 20 - 1}{12} = 164{,}3 \text{ млн м3}$$

Медианный сброс сточных вод составил 164,3 млн м3. Следовательно, в половине выборки сброс за 2022 год не превышает 164,3 млн м3.

№ пп	Субъект РФ	Сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты (млн м3)					№ интервала	Сброс сточных вод, млн м3	Нижняя граница, млн м3	Верхняя граница млн м3	Число субъектов, fi	Накопленная частота, Si
1	Белгородская область	59					1	12,0-99,0	12,0	99,0	1	1
2	Воронежская область	121					2	99,0-186,0	99,0	186,0	12	13
3	Калужская область	73					3	186,0-273,0	186,0	273,0	4	17
4	Костромская область	38					4	273,0-360,0	273,0	360,0	2	19
5	Орловская область	44					5	360,0-447,0	360,0	447,0	1	20
6	Тамбовская область	40					Итого				20	
7	Тульская область	128										
8	Астраханская область	35					Среднее	186,0				
9	Республика Башкортостан	200					Мода	149,4				
10	Удмуртская Республика	74		n	5		Медиана	=J3+F15*(L7/2-M2)/L3				
11	Чувашская Республика	56		x max	447		Ср.лин.отклон	0,00				
12	Пермский край	135		x min	12		Дисперсия	6433,65				
13	Пензенская область	96		R	435,0		Среднекв.отклонение	80,21				
14	Курганская область	29		h	87,0		Коэффициент вариации	43,12%				
15	Республика Хакасия	31										
16	Иркутская область	447										
17	Кемеровская область	204										
18	Республика Бурятия	26										
19	Хабаровский край	162										
20	Еврейская автономная область	12										

Рисунок А21 – Расчет медианы

Таким образом, на основании выборки субъектов РФ выполнен анализ среднего уровня сброса сточных вод в поверхностные водные объекты в субъектах РФ в 2022 г. При

этом установлено, что средний объем сброса сточных вод в субъектах РФ в 2022 году составил 186,0 млн м3; в половине субъектов сброс за 2022 год не превышает 164,3 млн м3.

После установления средней величины сброса сточных вод оценим, в какой мере индивидуальные значения сброса в отдельных субъектах отличаются между собой и от средней. Для этого рассчитаем показатели вариации. Вариация признака – это отличие от численных значений признаков единиц совокупности и их колебания около средней величины, что будет характеризовать совокупность. Соответственно, чем меньше вариация, тем более однородна совокупность и более надежна средняя величина.

Определим следующие показатели вариации:

– размах вариации,
– среднее линейное отклонение,
– дисперсию,
– среднее квадратическое отклонение,
– коэффициент вариации.

Определим размах вариации:

$$R = x_{max} - x_{min} \quad (A39)$$

где x_{min} и x_{max} – наименьшее и наибольшее значение признака в совокупности.

$$x_{max} = 447 \text{ млн м3}$$

$$x_{min} = 12 \text{ млн м3}$$

$$R = 447 - 12 = 435 \text{ млн. м3}$$

Таким образом, разность между наибольшим и наименьшим сбросом сточных вод в выборке составляет 435 млн м3.

Определим среднее линейное отклонение по формуле:

$$d = \frac{\sum(x_i - \bar{x}) \cdot f_i}{\sum f_i} \quad (A40)$$

Определим дисперсию взвешенную по формуле:

$$\sigma_x{}^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2 \cdot f_i}{\sum f_i} \quad (A41)$$

Составим расчетную Таблицу 3.

$$d = \frac{0,0}{20} = 0,00$$

Среднее линейное отклонение, рассчитанное по взвешенной формуле, равно 0, что связано со взаимными погашениями индивидуальных отклонений признака от среднего.

$$\sigma_x{}^2 = \frac{128673,00}{20} = 6433,65$$

Дисперсия равна 6433,65.

Таблица А3 – Расчет показателей вариации

№ интервала	Сброс сточных вод, млн м3	Число субъ-ектов, fi	Средний сброс сточных вод, млн м3, xi	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x}) \cdot f_i$	$(x_i - \bar{x})^2 \cdot f_i$
1	12,0-99,0	1	55,5	-130,5	-130,5	17030,25
2	99,0-186,0	12	142,5	-43,5	-522,0	22707,00
3	186,0-273,0	4	229,5	43,5	174,0	7569,00
4	273,0-360,0	2	316,5	130,5	261,0	34060,50
5	360,0-447,0	1	403,5	217,5	217,5	47306,25
Итого		20			0,0	128673,00

Субъект РФ	Сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты (млн м3)					№ интервала	Сброс сточных вод, млн м3	Нижняя граница, млн м3	Верхняя граница млн м3	Число субъектов, fi	Накопленная частота, Si	Средний сброс сточных вод, млн м3, xi	xi·fi	xi-xcp	(xi-xcp)·fi
Белгородская область	59					1	12,0-99,0	12,0	99,0	1	1	55,5	55,5	=N2-I9	-130,5
Воронежская область	121					2	99,0-186,0	99,0	186,0	12	13	142,5	1710,0	-43,5	-522,0
Калужская область	73					3	186,0-273,0	186,0	273,0	4	17	229,5	918,0	43,5	174,0
Костромская область	38					4	273,0-360,0	273,0	360,0	2	19	316,5	633,0	130,5	261,0
Орловская область	44					5	360,0-447,0	360,0	447,0	1	20	403,5	403,5	217,5	217,5
Тамбовская область	40					Итого				20			3720,0		0,0
Тульская область	128														
Астраханская область	35					Среднее	186,0								
Республика Башкортостан	200					Мода	149,4								
Удмуртская Республика	74		n	5		Медиана	164,3								
Чувашская Республика	56		x max	447		Ср.лин.отклон	0,00								
Пермский край	135		x min	12		Дисперсия	6433,65								
Пензенская область	96		R	435,0		Среднекв.отклонение	80,21								
Курганская область	29		h	87,0		Коэффициент вариации	43,12%								
Республика Хакасия	31														
Иркутская область	447														
Кемеровская область	204														
Республика Бурятия	26														
Хабаровский край	162														
Еврейская автономная область	12														

Рисунок А22 – Расчет показателей вариации

Определим среднее квадратическое отклонение взвешенное:

$$\sigma = \sqrt{{\sigma_x}^2} \quad (А42)$$

$$\sigma = \sqrt{6433,65} = 80,21 \text{ млн м3}$$

В среднем объем сброса в отдельных субъектах выборки отличается от среднего уровня на 80,21 млн м3.

Определим коэффициент вариации:

$$v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\% \quad (А43)$$

$$v = \frac{80,21}{186,0} \cdot 100\% = 43,12\%$$

Значение коэффициента вариации превышает 33%, следовательно, совокупность субъектов неоднородна по признаку объема сброса сточных вод.

Таким образом, на основании выборки субъектов РФ установлено, что в среднем объем сброса сточных вод в поверхностные водные объекты в отдельных субъектах выборки отличается от среднего уровня на 80,21 млн м3. Совокупность субъектов неоднородна по признаку объема сброса сточных вод в поверхностные водные объекты.

В ходе анализа среднего уровня и вариации объема сброса сточных вод в поверхностные водные объекты в субъектах РФ использовался инструмент выборочного наблюдения.

Совокупность из 20 субъектов, выбранных случайным образом и подвергнутых обследования, называется выборочной совокупностью. Выборочная совокупность репрезентует (представляет) всю генеральную совокупность. Генеральной совокупностью является множество всех субъектов РФ на 2022 год (82 субъекта).

При создании выборки использовался случайный подход (генератор случайных чисел).

Выборка являлась бесповторной (отобранная единица генеральной совокупности не возвращалась обратно после выборки и фиксации).

По степени охвата единиц обследуемой совокупности выборка являлась малой (количество единиц составило 20, т.е. меньше 30).

По способу организации выборочного обследования выборка являлась простой случайной.

Определим часть выборки:

$$w_{\text{в}} = \frac{n}{N} \tag{А44}$$

где $w_{\text{в}}$ – часть выборки, n – объем выборочной совокупности, N – объем генеральной совокупности.

$$w_{\text{в}} = \frac{20}{82} = 0{,}24 = 24\%$$

При этом установлены следующие выборочные характеристики.

Выборочная средняя: $\bar{x}_{\text{в}} = 186{,}0$ млн м3

Выборочная дисперсия: ${\sigma_{\text{в}}}^2 = 6433{,}65$

Выборочное среднее квадратическое отклонение: $\sigma_{\text{в}} = 80{,}21$ млн м3

Дополнительно рассчитаем выборочную долю – определим долю субъектов, сброс сточных вод в которых за 2022 год превысил 100 млн м3:

$$w = \frac{m}{n}, \tag{А45}$$

где w – доля единиц признака выборочной совокупности, m – часть единиц, обладающих данным значением признака в общем объеме единиц выборочной совокупности, n – объем выборочной совокупности.

Сброс превышает 100 млн м3 для следующих субъектов: Воронежская область, Тульская область, Республика Башкортостан, Пермский край, Иркутская область, Кемеровская область, Хабаровский край. Тогда:

$$w = \frac{7}{20} = 0{,}35$$

В выборке доля субъектов с годовым сбросом сточных вод более 100 млн м3 составила 0,35.

Используя выборочные характеристики, определим границы генерального среднего и генеральной доли. Т.к. имеет место малая выборка, воспользуемся следующими формулами средней квадратической ошибки.

Средняя квадратическая ошибка для среднего значения признака малой выборки определяется следующим образом (см. рисунок 23):

$$\mu_{\overline{x}_{\text{в}}} = \sqrt{\frac{{\sigma^2}_{\text{в}}}{n}} \qquad (A46)$$

$$\mu_{\overline{x}_{\text{в}}} = \sqrt{\frac{6433{,}65}{20}} = 17{,}94$$

1	№ пп	Субъект РФ	Сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты (млн м3)					№ интервала	Нижняя граница, млн м3
2	1	Белгородская область	59		n	5		1	12,0
3	2	Воронежская область	121		x max	447		2	99,0
4	3	Калужская область	73		x min	12		3	186,0
5	4	Костромская область	38		R	435,0		4	273,0
6	5	Орловская область	44		h	87,0		5	360,0
7	6	Тамбовская область	40					Итого	
8	7	Тульская область	128						
9	8	Астраханская область	35					Выборочное среднее	186,0
10	9	Республика Башкортостан	200					Выборочная дисперсия	6433,65
11	10	Удмуртская Республика	74					Выборочное среднекв.отклонение	80,21
12	11	Чувашская Республика	56					Объем выборки	20
13	12	Пермский край	135					Выборочная доля	0,35
14	13	Пензенская область	96					Часть выборки	0,24
15	14	Курганская область	29					Средняя кв.ошибка среднего	=КОРЕНЬ(I10/I12)
16	15	Республика Хакасия	31					Средняя кв.ошибка доли	
17	16	Иркутская область	447						
18	17	Кемеровская область	204						
19	18	Республика Бурятия	26						
20	19	Хабаровский край	162						
21	20	Еврейская автономная область	12						

Рисунок А23 – Расчет средней квадратической ошибки для среднего значения

Средняя квадратическая ошибка для доли признака малой выборки определяется следующим образом (см. рисунок 24):

$$\mu_{w_{\text{в}}} = \sqrt{\frac{w(1-w)}{n}} \quad (А47)$$

$$\mu_{w_{\text{в}}} = \sqrt{\frac{0{,}35(1-0{,}35)}{20}} = 0{,}11$$

1	№ пп	Субъект РФ	Сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты (млн м3)					№ интервала	Нижняя граница, млн м3	Верхняя грани млн м3
2	1	Белгородская область	59		n	5		1	12,0	99,0
3	2	Воронежская область	121		x max	447		2	99,0	186,0
4	3	Калужская область	73		x min	12		3	186,0	273,0
5	4	Костромская область	38		R	435,0		4	273,0	360,0
6	5	Орловская область	44		h	87,0		5	360,0	447,0
7	6	Тамбовская область	40					Итого		
8	7	Тульская область	128							
9	8	Астраханская область	35					Выборочное среднее	186,0	
10	9	Республика Башкортостан	200					Выборочная дисперсия	6433,65	
11	10	Удмуртская Республика	74					Выборочное среднекв.отклонение	80,21	
12	11	Чувашская Республика	56					Объем выборки	20	
13	12	Пермский край	135					Выборочная доля	0,35	
14	13	Пензенская область	96					Часть выборки	0,24	
15	14	Курганская область	29					Средняя кв.ошибка среднего	17,94	
16	15	Республика Хакасия	31					Средняя кв.ошибка доли	=КОРЕНЬ(I13*(1-I13	
17	16	Иркутская область	447							
18	17	Кемеровская область	204							
19	18	Республика Бурятия	26							
20	19	Хабаровский край	162							
21	20	Еврейская автономная область	12							

Рисунок А24 – Расчет средней квадратической ошибки для доли

Для решения задачи, связанной с определением границ генеральных характеристик на основе выборочных данных, необходимо первоначально определить предельную ошибку выборки, то есть такую максимально возможную ошибку, которая возможна для принятой вероятности Р:

$$\Delta = \mu t \quad (А48)$$

где μ – средняя квадратическая ошибка выборки, t – коэффициент доверия, который показывает соотношение предельной и стандартной ошибок и зависит от значений вероятности Р.

Для малой выборки значение коэффициента Стьюдента t может быть найдено по математическим таблицам распределения Стьюдента в зависимости от уровня значимости α=1-Р (Р – уровень вероятности) и числа степеней свободы k=n−1 (n – объем малой выборки).

Коэффициент Стьюдента t для вероятности 0,95 и 20-1=19 степеней свободы равен 2,09.

Определим доверительный интервал для генеральной средней по формуле (см. рисунок 25):

$$\overline{x}_{в} - \Delta_{\overline{x}_{в}} \leq \overline{x} \leq \overline{x}_{в} + \Delta_{\overline{x}_{в}} \quad (A49)$$

где предельная ошибка выборки:

$$\Delta_{\overline{x}_{в}} = \mu_{\overline{x}_{в}} \cdot t \quad (A50)$$

$$\Delta_{\overline{x}_{в}} = 17{,}94 \cdot 2{,}09 = 37{,}49$$

$$186{,}0 - 37{,}49 \leq \overline{x} \leq 186{,}0 + 37{,}49$$

$$148{,}51 \leq \overline{x} \leq 223{,}49$$

B	C	D	E	F	G	H	I
Калужская область	73		x min	12		3	186,0
Костромская область	38		R	435,0		4	273,0
Орловская область	44		h	87,0		5	360,0
Тамбовская область	40					Итого	
Тульская область	128						
Астраханская область	35					Выборочное среднее	186,0
Республика Башкортостан	200					Выборочная дисперсия	6433,65
Удмуртская Республика	74					Выборочное среднекв.отклонение	80,21
Чувашская Республика	56					Объем выборки	20
Пермский край	135					Выборочная доля	0,35
Пензенская область	96					Часть выборки	0,24
Курганская область	29					Средняя кв.ошибка среднего	17,94
Республика Хакасия	31					Средняя кв.ошибка доли	0,11
Иркутская область	447					t	2,09
Кемеровская область	204					Предельная ошибка среднего	37,49
Республика Бурятия	26					Нижняя граница среднего	=I9-I18
Хабаровский край	162					Верхняя граница среднего	223,49
Еврейская автономная область	12					Предельная ошибка доли	0,22
						Нижняя граница доли	0,13
						Верхняя граница доли	0,57

Рисунок А25 – Расчет нижней границы генерального среднего

Таким образом, с вероятностью 95% среднее значение объема сброса сточных вод в поверхностные водные объекты в генеральной совокупности субъектов РФ лежит в интервале от 148,51 до 223,49 млн м3.

Определим доверительный интервал для генеральной доли по формуле (см. рисунок 26):

$$w - \Delta_w \leq W \leq w + \Delta_w \quad (A51)$$

где предельная ошибка выборки:

$$\Delta_w = \mu_w \cdot t \quad (A52)$$

$$\Delta_w = 0{,}11 \cdot 2{,}09 = 0{,}22$$

$$0{,}35 - 0{,}22 \leq W \leq 0{,}35 + 0{,}22$$

$$0{,}13 \leq W \leq 0{,}57$$

Следовательно, с вероятностью 95% доля субъектов с годовым сбросом сточных вод в поверхностные водные объекты более 100 млн м3 в генеральной совокупности субъектов РФ лежит в интервале от 13 до 57%.

Калужская область	73		x min	12		3	186,0
Костромская область	38		R	435,0		4	273,0
Орловская область	44		h	87,0		5	360,0
Тамбовская область	40					Итого	
Тульская область	128						
Астраханская область	35					Выборочное среднее	186,0
Республика Башкортостан	200					Выборочная дисперсия	6433,65
Удмуртская Республика	74					Выборочное среднекв.отклонение	80,21
Чувашская Республика	56					Объем выборки	20
Пермский край	135					Выборочная доля	0,35
Пензенская область	96					Часть выборки	0,24
Курганская область	29					Средняя кв.ошибка среднего	17,94
Республика Хакасия	31					Средняя кв.ошибка доли	0,11
Иркутская область	447					t	2,09
Кемеровская область	204					Предельная ошибка среднего	37,49
Республика Бурятия	26					Нижняя граница среднего	148,51
Хабаровский край	162					Верхняя граница среднего	223,49
Еврейская автономная область	12					Предельная ошибка доли	0,22
						Нижняя граница доли	=I13-I21
						Верхняя граница доли	0,57

Рисунок А26 – Расчет нижней границы генеральной доли

Таким образом, с использованием инструментов выборочного наблюдения установлено, что в генеральной совокупности всех субъектов РФ с вероятностью 95% среднее значение объема сброса сточных вод в поверхностные водные объекты составляет от 148,51 до 223,49 млн м3, а доля субъектов с годовым сбросом сточных вод более 100 млн м3 составляет от 13 до 57%.

Используя данные Управления Федеральной службы государственной статистики по Астраханской области и Республике Калмыкия проведём исследование корреляции между количеством осадков и посевными площадями.

Первым шагом в исследовании корреляционной связи между признаками является регрессионный анализ. С помощью него устанавливается форма связи или вида уравнения регрессии, а также определяются параметры уравнения регрессии. Также произведём выравнивание методом скользящей средней (см. рисунок 27).

В нашем случае имеет место парная регрессия, используем линейное уравнение:

$$Y = a_0 + a_1 x, \tag{А53}$$

$$\begin{cases} na_0 + a_1 \sum x = \sum y \\ a_0 \sum x + a_1 \sum x^2 = \sum xy \end{cases} \tag{А54}$$

где n – количество единиц совокупности (то есть заданных пар значений x и y).

Получаем a0 = -22,23; a1 = 0,4.

Параметр a1 называется коэффициентом регрессии. Он показывает, насколько изменится результативный признак Y при изменении факторного признака x на единицу.

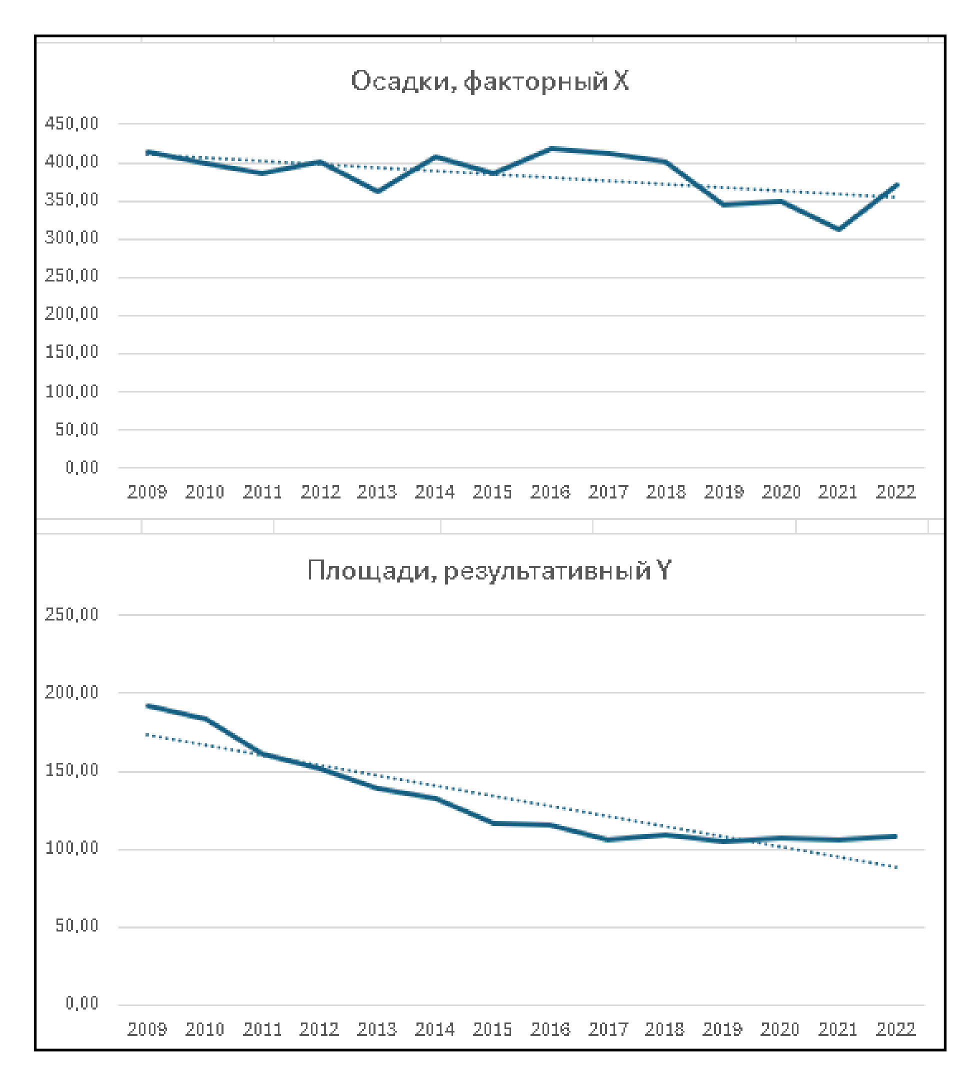


Рисунок А27 – Выравненные показатели осадков и площади

Для оценки влияния факторного признака на результативный можно использовать коэффициент эластичности:

$$K_e = a_1 \frac{\overline{x}}{y}, \qquad (А55)$$

где х у – средние величины фактических данных по факторному и результативному признакам (соответственно) в целом по совокупности.

Получили Ke = 1,17.

Коэффициент эластичности показывает, на сколько процентов в среднем изменится результативный признак при изменении факторного признака на 1 %.

Следующий шаг после выбора уравнения регрессии заключается в проведении корреляционного анализа, который позволяет оценить тесноту и значимость связи.

Коэффициент детерминации можно определить, используя следующее выражение:

$$R^2 = \frac{\sum\left(Y - \overline{y}\right)^2}{\sum\left(y - \overline{y}\right)^2}. \qquad (A56)$$

Коэффициент детерминации принимает значения от 0 до 1. Чем ближе значение R^2 к единице, тем теснее связь между признаками. При R^2 = 0 линейная связь между признаками отсутствует. При R^2 = 1 корреляционной связи между признаками не существует, поскольку в данном случае речь идет о функциональной связи. Наш результат R^2 = 0,83.

Значение коэффициента детерминации свидетельствует о том, что связь между признаками тесная. Вариация площади посевов на 83% определяется вариацией количества осадков, а на 17% – влиянием других факторов.

Коэффициент корреляции (корреляционное отношение) показывает, насколько значительным является влияние признака x на Y. Коэффициент корреляции можно определить по следующей формуле:

$$R = \sqrt{R^2}. \qquad (A57)$$

В нашем случае R = 0,91. Поскольку значение коэффициента корреляции R приближается к единице, то можно говорить о том, что связь между признаками тесная.

Критерием значимости связи является t-критерий Стьюдента, который для парной линейной регрессии вычисляется по формуле:

$$t = R\sqrt{\frac{n-2}{1-R^2}}. \qquad (A58)$$

Критерий Стьюдента позволяет оценить значимость коэффициента корреляции R и существенность связи между признаками. Рассчитанное по формуле теоретическое значение t-критерия Стьюдента сравнивают с табличными t табл для соответствующего числа степеней свободы (n – 2) и принятого уровня значимости α. Табличное значение критерия Стьюдента выбирается из справочных математических таблиц. Если t > t табл, то линейный коэффициент корреляции является значимым при характеристике генеральной совокупности.

В нашем случае t = 7,53; t табл. = 2,18. Т.е. коэффициент корреляции является значимым при характеристике генеральной совокупности. По аналогии подобное влияние может быть во многих других направлениях человеческой деятельности, т.к. для примера, промышленность потребляет до 5 раз больше воды, чем сельское хозяйство.

Все результаты по корреляционному анализу приведём на рисунке 28.

Выравн.скольз.ср.							
Осадки	Площади						
x	y	x^2	xy	Y по уравн.	(Y-y ср)^2	(y-y ср)^2	y^2
414,67	192,23	171948,44	79712,76	143,64	2361,64	3752,44	36953,65
398,67	183,43	158935,11	73128,76	137,24	2134,13	2751,75	33647,79
387,00	160,93	149769,00	62281,20	132,57	804,48	897,43	25899,54
400,33	151,37	160266,78	60597,12	137,90	181,26	415,77	22911,87
362,00	139,13	131044,00	50366,27	122,57	274,34	66,54	19358,08
407,33	132,47	165920,44	53958,09	140,70	67,84	2,22	17547,42
385,67	116,90	148738,78	45084,43	132,04	229,12	198,14	13665,61
419,00	115,13	175561,00	48240,87	145,37	914,26	251,00	13255,68
412,67	106,03	170293,78	43756,42	142,84	1354,49	622,15	11243,07
401,33	108,80	161068,44	43665,07	138,30	870,45	491,78	11837,44
344,00	104,93	118336,00	36097,07	115,37	108,92	678,23	11011,00
349,33	107,50	122033,78	37553,33	117,50	100,07	551,13	11556,25
312,33	106,30	97552,11	33201,03	102,70	12,94	608,91	11299,69
371,33	108,50	137888,44	40289,67	126,30	316,96	505,18	11772,25
Сумма	Сумма	Сумма	Сумма	a0	a1	Ке	Сумма
5365,67	1833,67	2069356,11	707932,08	-22,23	0,4	1,17	251959,35
Ср.знач.	Ср.знач.	R^2	R	t	Сумма	Сумма	t табл.
383,26	130,98	0,83	0,91	7,53	9730,89	11792,67	2,18

Рисунок А28 – Результаты корреляционного анализа

Ранее было упомянуто о влиянии других факторов, ведь несмотря на снижение посевных площадей, уменьшении осадков и критически низком водном стоке по региону (0,4 км.куб., для сравнения, соседняя Астраханская область имеет 237,7 км.куб. в год), ряд показателей по производству с/х продукции показывает стабильность, а в некоторых случаях и рост. Одной из причин является растущее применение минеральных удобрений. Имеющаяся статистика представлена в процентных индексах. Восстановим через них площади с использованием минеральных удобрений (см. рисунок 29, 30).

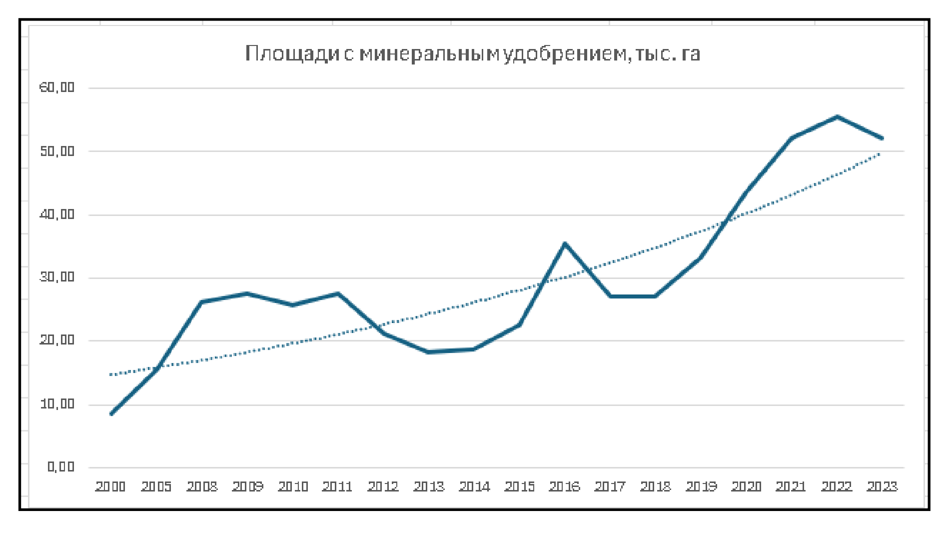


Рисунок А29 – Площади с минеральным удобрением, тыс. га

Годы	Осадки	Посевные площади с/х организаций	Удельный вес удобренной минеральными удобрениями площади во всей посевной площади, процентов	Площадь с минеральным удобрением
2000	336	229,9	3,7	8,51
2001	460			
2002	437			
2003	350			
2004	463			
2005	448	205,6	7,5	15,42
2006	328			
2007	284			
2008	488	182,1	14,4	26,22
2009	324	213,1	12,9	27,49
2010	432	181,5	14,2	25,77
2011	440	155,7	17,7	27,56
2012	289	145,6	14,6	21,26
2013	472	152,8	12	18,34
2014	325	119	15,7	18,68
2015	425	125,6	17,9	22,48
2016	407	106,1	33,3	35,33
2017	425	113,7	23,8	27,06
2018	406	98,3	27,4	26,93
2019	373	114,4	29	33,18
2020	253	102,1	42,6	43,49
2021	422	106	49,1	52,05
2022	262	110,8	50	55,40
2023	430	108,7	48	52,18

Рисунок А30 – Площади с минеральным удобрением, тыс. га

Основной вывод заключается в том, что исходя из схемы воспроизводства водных ресурсов «большая река-малые реки-ручьи-подземные воды-поверхностные осадки» важно организовать работу по регенерации земной поверхности и разумной фиксации влаги не только в проблемных регионах, но и на территориях, продуцирующих водные ресурсы для повышения водного стока рек.

Приложение Б

В качестве источников патентной информации были использованы следующие патентные базы данных и открытые сервисы:

– база данных Федерального института промышленной собственности (fips.ru);

– база данных Европейской патентной организации (Espacenet);

– научная электронная библиотека «КиберЛенинка»;

– поисковая система по научным публикациям Google Scholar.

Таблица Б1 – Релевантные индексы МПК

Индекс МПК	Расшифровка
A01B79/02	Способы обработки почвы - способы обработки почвы в сочетании с другими сельскохозяйственными работами, например удобрением, посадкой и т.п.
A01G23/00	Лесное хозяйство
B09C	Восстановление загрязненной почвы
B09C1/10	Восстановление загрязненной почвы - микробиологическими способами или с использованием ферментов
B09C1/02	Восстановление загрязненной почвы - экстракцией с использованием жидкостей, например промывкой, выщелачиванием
E02F1/00	Общие способы разработки грунта с помощью экскаваторов и других землеройных машин

Для повышения точности запроса и уменьшения нерелевантной выборки были введены ключевые слова, по которым произведён патентный поиск.

Поиск в ФИПСе проводился по рефератам российских изобретений, заявкам на российские изобретения, полным текстам российских изобретений из трех последних бюллетеней, перспективным российским изобретениям с использованием различных комбинаций ключевых слов и логических операторов со статусом документа: «Действует», «Может прекратить свое действие», «Прекратил действие, но может быть восстановлен», «Прекратил действие».

Поиск в Espacenet проводился по рефератам, формулам и названиям технических решений, с использованием расширенного поиска на всех языках с применением различных комбинаций ключевых слов и логических операторов *, AND, OR, ANY.

Таблица Б2 – Результаты патентного поиска

Ключевые слова, ФИПС	Общее кол-во	В области технического решения	Подходит для сравнения	Ключевые слова, Espacenet	Общее кол-во	В области технического решения	Подходит для сравнения
Экосистема AND				Ecosystem AND			
Биоразнообразие	7	3	0	Biodiversity	146	25	1
Фиторемедиация	17	12	0	Phytoremediation	15	7	0
Восстановление	47	16	0	Recovery (shaft OR ditch OR dump)	24	7	0
Продуктивность	20	5	1	Productivity	185	13	0
Лесовосстановл*	33	16	1	Reforestation	см. ниже		
Лесоразведение*	21	10	0	Afforestation	152	14	0
Биоремедиация	30	8	0	Bioremediation	33	9	1
Рекультивация* (вал OR канава OR отвал)	149	87	3	Reclamation	68	6	0
Реабилитация	8	3	0	Rehabilitation	64	9	0
Мелиорация* (вал OR канава OR отвал)	33	13	1	Land reclamation	34	6	0
Регенерация	5	1	0	Regeneration	80	8	1
Планировка*	53	25	1	Layout	63	8	0
Валоканава*	0	0	0	Swale*	425	26	3
Озеленение	5	1	0	Landscaping	42	12	0
Ландшафт	10	4	0	Landscape	см. выше		
Очищение	4	0	0	Cleansing	13	0	0
Развитие	73	12	0	Development (shaft OR ditch OR dump)	42	5	0
Эрозия	7	4	0	Erosion (shaft OR ditch OR dump)	15	9	1
ВСЕГО:	522	220	7		1401	164	7

* – без использования основного ключевого слова.

Приложение В

Специфика естественных экосистем:

– Пищевые сети (трофические цепи), в которых удаление или внедрение одного вида может нарушить баланс. Например, исчезновение хищников приводит к взрывному росту травоядных, что угрожает растительности.

– Наличие ключевых видов (например, кораллы, опылители), которые критически важны для выживания экосистемы. Их потеря может вызвать уже цепную реакцию.

– Генетическое разнообразие внутри видов, определяющее адаптационный потенциал популяций. Его снижение делает виды уязвимыми к болезням и изменениям среды.

– Круговорот веществ (углеродный, азотный, водный), обеспечивающий устойчивость экосистем. Например, вырубка лесов нарушает углеродный баланс, усиливая парниковый эффект.

– Сукцессия – естественное восстановление после нарушений (пожаров, наводнений), происходящее поэтапно. Искусственное ускорение или блокировка этих процессов может привести к деградации.

– Роль микробных сообществ, регулирующих разложение органики, фиксацию азота и очистку воды. Нарушение микробиома (например, пестицидами) ведёт к деградации экосистемных функций.

– Пределы устойчивости, которые экосистемы способны преодолевать, но лишь до определённого уровня. Загрязнение водоёмов или чрезмерная эксплуатация ресурсов могут нарушить эти пределы.

– Буферные зоны, такие как мангровые леса, смягчающие удары цунами, или болота, фильтрующие загрязнения. Их уничтожение лишает экосистемы защиты.

– Нелинейные реакции, при которых экосистемы могут резко переходить в новое состояние. Например, засухи и пожары способны превратить лес в саванну.

– Адаптация к климату, так как виды эволюционировали в конкретных условиях. Изменение температуры или влажности (например, из-за осушения болот) делает среду непригодной для местной флоры и фауны.

– Микроклимат, регулируемый лесами, которые обеспечивают осадки и охлаждение. Их вырубка может привести к засухам.

– Межэкосистемные взаимодействия, такие как миграции видов, перенос питательных веществ и воды. Фрагментация ландшафта (дорогами, городами) разрывает эти связи.

– Медленные процессы, такие как формирование почвы или восстановление популяций, занимающие десятилетия. Быстрые вмешательства (например, высадка монокультур) игнорируют эту динамику.

– Инвазивные виды, которые могут быстро разрушить баланс, как это произошло с кроликами в Австралии.

– Накопление долгосрочных последствий, например, пестициды, пластик и тяжёлые металлы, накапливающиеся в почве и воде и вызывающие эффекты спустя десятилетия.

– Социально-экологическое взаимодействие (данный аспект учитывается при условии умеренного влияния деятельности человека, если же влияние значительное, то речь нужно вести об антропогенной экосистеме, о чем будет ниже)

– Традиционные знания и привычки, которыми обладают местные сообщества (данная особенность раскрывалась при описании «Великой зеленой стены», когда местные сообщества не изменяли привычным видам деятельности, вроде выпаса животных и рубки деревьев, т.е. потребительски относились к хрупким восстановленным территориям).

– Экономические факторы, такие как зависимость людей от экосистем.

– Моделирование, требующее сложных моделей для прогнозирования последствий с учётом климата, биоразнообразия и антропогенного давления.

– Эмергентные свойства, при которых целое часто больше суммы частей. Уничтожение одного вида, даже не являющегося на первый взгляд «ключевым» или находящегося вне основной трофической цепи, может повлиять на устойчивость всей системы.

Специфика антропогенных экосистем:

– Линейные цепочки «ресурсы → отходы», т.е. антропогенные системы редко используют замкнутые циклы. Например, пластик превращается в мусор и почти не возвращается в производство.

– Зависимость от внешних ресурсов, к примеру города требуют постоянного притока энергии, воды и пищи, а сельхозугодья – удобрений и пестицидов. Прекращение поставок (например, топлива) может парализовать систему.

– Накопление загрязнений, таких как тяжёлые металлы и химикаты, которые накапливаются в почве, воде и воздухе, создавая долгосрочные экологические проблемы.

– Монокультурность, при которой угодья, засаженные одной культурой, теряют биоразнообразие почвенных микроорганизмов, что повышает риск массовых заболеваний растений.

– Фрагментация ландшафтов, когда дороги и города разрывают естественные экологические коридоры, изолируя популяции животных (например, фрагментация лесов угрожает миграции оленей).

– Снижение адаптивности, так как искусственные системы плохо приспособлены к внешним шокам (засухи, наводнения), лишённые естественных буферных механизмов.

– Зависимость населения, при которой закрытие завода или деградация сельхозземель напрямую влияют на занятость и благосостояние людей.

– Конфликты интересов, когда проекты по восстановлению сталкиваются с сопротивлением бизнеса. Например, ограничение выбросов на предприятиях часто противоречит их экономическим целям.

– Традиции и культура, так как внедрение новых технологий (например, агролесоводства) требует учёта местных практик. Игнорирование этого ведёт к отторжению со стороны сообществ.

– Устаревшая инфраструктура, когда городские системы канализации или энергосетей часто не справляются с ростом нагрузки (например, подтопления из-за перегруженных ливнёвок).

– Технологическая замкнутость, при которой промышленные объекты редко проектируются с учётом экологичности. Переход на «зелёные» технологии требует полной модернизации.

– Энергоёмкость, так как антропогенные системы потребляют огромное количество энергии. Например, вертикальные фермы зависят от круглосуточного освещения и климат-контроля.

– Регулирование, при котором зоны с особым статусом (промышленные, сельскохозяйственные) часто защищены законами, что ограничивает возможности изменений.

– Коррупция и лоббизм, когда решения блокируются в угоду интересам отдельных групп (например, смягчение экологических норм для промышленности).

– Международные обязательства, требующие соответствия проектов глобальным соглашениям (Парижское соглашение по климату, ЦУР ООН), что усложняет их реализацию.

Существующие подходы и концепции:

– Биосфера – оболочка Земли, населённая живыми организмами и преобразованная их деятельностью. Включает нижние слои атмосферы, гидросферу и верхнюю часть литосферы. Жизнь как геологическая сила, формирующая планету через круговороты веществ (углеродный, азотный, водный).

– Техносфера – искусственная оболочка планеты, созданная человеком: города, заводы, дороги, электростанции, цифровые сети. Техносфера потребляет ресурсы биосферы и генерирует отходы, нарушая естественные циклы.

– Ноосфера – сфера разума, где человеческая мысль становится главным фактором эволюции биосферы. Концепция предполагает, что наука и этика могут гармонизировать отношения человека и природы.

– Геосфера – физические компоненты Земли, включающие литосферу (твёрдая оболочка), гидросферу (вода) и атмосферу (воздух). Рассматривает неживые элементы планеты и их взаимодействие с биологическими процессами.

– Экосфера – глобальная система, объединяющая все экосистемы Земли и их взаимосвязи. Подчёркивает целостность природных процессов, где изменения в одной зоне влияют на всю планету.

– Педосфера – почвенная оболочка Земли, образованная взаимодействием литосферы, гидросферы, атмосферы и биосферы. Почва – ключевой ресурс для жизни, её формирование занимает тысячи лет.

– Урбосфера – искусственная среда городов, включающая инфраструктуру, здания и транспортные сети. Анализирует, как урбанизация меняет природные циклы (например, тепловые острова).

Помимо множества «сфер», отдельные авторы говорят о смене целых эпох, к примеру об антропоцене – новой геологической эпохе, где человек стал главной силой, меняющей планету. Есть и современные подходы, вроде перехода к циркулярной (циркуляторной) экономике – модели, где отходы становятся ресурсами; глубокой экологии – философии, признающей внутреннюю ценность природы вне зависимости от её пользы для человека и др.

Приложение Г

Произведём планирование, отвечая на следующие вопросы:

– Какую проблему решает продукт или услуга?

Обеспечение населения доступной ягодной продукцией.

– Какую нишу займёт?

Отказ от узких ниш. Ниша бюджетной и массовой продукции.

– Каково решение проблемы, предложенное компанией?

Как правило, количество и качество стоит на противоположных весах. Классическая интенсивная технология жертвует качеством и имеет высокие стартовые затраты. Наша задача использовать описанный метасистемный подход, с фокусом на снижении затрат.

– Кто клиенты компании и как компания будет продавать им свою продукцию?

Основные клиенты: Заводы по производству соков, джемов, заморозки, оптовые базы, фермерские кооперативы, кафе и рестораны.

– Сбыт?

Прямые контракты с переработчиками, продажа через оптовых дистрибьюторов.

– Каков размер рынка для этого решения?

Рынок свежих фруктов в России оценивался в 1,6 трлн рублей, самообеспеченность России ягодами не превышает 20%, а по замороженным ягодам зависимость от импорта достигает 90–95%.

– Какова бизнес-модель (как приносит деньги)?

За счёт снижения затрат на закладку и обслуживание имеется возможность реализации по сниженным отпускным ценам. Качество продукции как сопутствующий фактор.

– Кто конкуренты и как поддерживать конкурентное преимущество?

Для сравнения берётся хозяйство «Шуйские ягоды» с их интенсивным подходом. Реальный рынок мало конкурентный, ягоды не самый доступный товар, большой импорт.

– Как управлять по мере роста?

Производится разбивка на этапы. Первый этап это то, что мы моделируем в данной работе. Он выступает не только как самостоятельный проект, но и как тестовая площадка для выбора подходящих культур, сортов, технических подходов и стратегий развития.

– Кто будет управлять и что делает их квалифицированными для этого?

Для моделируемых 10 га и до 100 га: один руководитель с навыками агронома и агроинженера; для выполнения части работ – нанимаемые сезонные рабочие; юридические и экономические вопросы в специализированных онлайн сервисах.

– С какими рисками и угрозами сталкивается бизнес и что можно сделать для смягчения?

Построим классическую SWOT-матрицу для выявления внутренних факторов (Сильные и Слабые стороны) и внешних факторов (Возможности и Риски) проекта, а также стратегическую TOWS-матрицу: произведя "перемножение" факторов из SWOT для генерации конкретных стратегий (см. рисунки Г1, Г2).

Сильные стороны **S1**: Значительно сниженные операционные затраты **S2**: Высокая экологическая устойчивость и адаптивность **S3**: Высокое качество продукции ("эко"/"био") **S4**: Долгосрочная стабильность **S5**: Улучшение экологии территории **S6**: Постепенное наращивание продуктивности	**Слабые стороны** **W1**: Длительный срок выхода на полную продуктивность **W2**: Высокие стартовые затраты и трудоемкость **W3**: Сложность управления и прогнозирования **W4**: Ограниченная начальная урожайность **W5**: Зависимость от природных факторов **W6**: Дефицит квалифицированных кадров
Возможности **O1**: Растущий спрос на экологически чистые и органические продукты **O2**: Государственная поддержка "зеленого" сельского хозяйства **O3**: Ухудшение состояния окружающей среды **O4**: Развитие рынка переработки ягод **O5**: Возможность получения экологических сертификатов	**Риски** **T1**: Климатические аномалии (засухи, заморозки) **T2**: Конкуренция со стороны импорта **T3**: Изменение законодательства и стандартов сертификации **T4**: Риски биологического характера **T5**: Недостаток долгосрочного финансирования **SWOT-анализ**

Рисунок Г1 – SWOT-анализ

SO1: Активно выходить на премиум-сегмент и рынки органики (O1, O5), подчеркивая низкую себестоимость производства "эко"-продукта (S1, S3) как ключевое конкурентное преимущество. SO2: Использовать S5 (экологичность) и S2 (устойчивость) для получения максимальной господдержки (O2) и позиционирования как климатически умного сельского хозяйства. SO3: Развивать агротуризм/образование (O6), демонстрируя S2, S5 и работу системы как пример устойчивого земледелия. SO4: Заключать долгосрочные контракты с переработчиками (O4), гарантируя стабильное качество (S3) и постепенно растущие объемы (S6) по конкурентной цене (S1).	ST1: Использовать S2 (устойчивость) и S1 (низкие затраты на полив/защиту) как аргумент против T1 (климатические риски) и T2 (конкуренция на цене в долгосроке). Позиционировать устойчивость как защиту от рисков. ST2: Нивелировать T2 (конкуренция) через S3 (качество "эко") и уникальное позиционирование, а не ценовую войну. ST3: Использовать S4 (стабильность) и S5 (экологичность) для прохождения сложной сертификации (T3), делая это своим преимуществом. ST4: Противодействовать T4 (биоугрозы) через усиление S2 (естественная устойчивость за счет биоразнообразия) и принцип "Соблюдение цепи" (привлечение энтомофагов).
WO1: Привлекать долгосрочные "зеленые" инвестиции и гранты (O2) для покрытия W2 и компенсации W1, W4. WO2: Разработать образовательные программы/стажировки (O6) для подготовки собственных кадров (W6) и популяризации подхода. WO3: Начать с пилотных проектов ("Сады как точки роста") на части территории для отработки технологии, снижения рисков (W3, W5) и демонстрации результатов инвесторам/партнерам (O4, O1). WO4: Фокусироваться в первые годы на нишевых высокомаржинальных культурах или продаже саженцев/знаний (O1, O6) для генерации дохода при W4.	WT1: Тщательное страхование урожая, особенно в первые годы, от T1 (климатические риски) из-за W5. WT2: Поэтапное вложение средств (W2), начиная с ключевых элементов метасистемы, чтобы минимизировать финансовые риски (T5). WT3: Построить реалистичный финансовый план с длительным горизонтом окупаемости (учитывая W1, W4) и диверсификацией источников дохода (например, агротуризм - O6) для снижения риска T5 (недофинансирование). **TOWS-анализ**

Рисунок Г2 – TOWS-анализ

Проведём PEST-анализ для оценки внешних рисков проекта (см. рисунок Г3).

Политические и правовые риски (Political) – Сложность сертификации органической продукции – Изменение водного законодательства – Санкционные ограничения – Отмена «зелёных» субсидий	**Экономические риски** (Economic) – Высокая инфляция и ставки по кредитам – Падение платёжеспособности спроса – Рост цен на трудовые ресурсы – Демпинг со стороны импорта
Социальные риски (Social) – Недоверие к локальным «эко»-брендам – Дефицит специалистов – Скептицизм инвесторов и партнёров из-за длительного периода окупаемости – Трудности с наймом рабочих для ручного труда	**Технологические риски** (Technological) – Отсутствие отечественных средств механизации – Недоступность отечественных средств механизации **PEST-анализ**

Рисунок Г3 – PEST-анализ

Приложение Д

Рассчитаем частный случай способа повышения продуктивности для экосистемы береговых линий. Стоит начать с расчёта первоначальных затрат на реализацию отрезка длиной 1 км с актуальными показателями на апрель 2024 года в Свердловском регионе. В общем виде затраты можно представить, как сумму следующих затрат, сгруппированных по их экономическому содержанию:

$$Срм = МЗ + ЗО + ОС + Оп, \qquad (Д1)$$

где *МЗ* – материальные затраты;

З0 – затраты на оплату труда;

ОС – отчисления во внебюджетные фонды (20,6%);

Оп – общепроизводственные (20%).

Срм = 3390 + 220 + 744 + 722 = 5076 рублей.

В состав прочих общепроизводственных расходов входят налоги, сборы, отчисления в специальные внебюджетные фонды и платежи за сверхдопустимые выбросы (сбросы) загрязняющих веществ.

Материальные затраты в нашем случае отражают стоимость аренды техники и приобретенных расходных материалов (в т.ч. саженцев):

$$МЗ = Са \times t + Спрм, \qquad (Д2)$$

где *Са* – стоимость затрат на аренду техники с уже включенным ГСМ за 1 час;

t – время прохождения (0,33 ч) заданного отрезка (1 км) при рабочей скорости 3 км/ч

Спрм – стоимость приобретенных расходных материалов с учетом транспортных расходов, это 100 саженцев кедра, 100 черенков ивы древовидной, 200 черенков ивы кустарниковой;

МЗ = $Са \times t + Спрм$ = 3000×0,33 + (100×15+100×6+100×3) = 3390 рублей

Затраты на оплату труда:

$$ЗО = Су \times а \times 0{,}1Су, \qquad (Д3)$$

где Су – стоимость услуг рабочего за 1 час;

а – количество человеко-часов, необходимых для высадки заданного количества саженцев;

0,1Су – добавочный коэффициент.

ЗО = 200×1×0,1×200 = 220 рублей.

Следующим этапом будет вычисление положительных эффектов от применения данного метода. К ним относятся:

1) Снижение затрат на защиту береговой линии от водной эрозии, вызванной волнами и течением, за счёт вала и почвоудерживающих свойств ивы и кедра в условиях затопления, в сравнении с искусственными методами защиты, такими как волнорезы и земляные дамбы. Расчёт представляется в виде разности затрат на оба метода с эквивалентными характеристиками для отрезка 1 км:

$$СЗ = Сзд - Срм, \tag{Д4}$$

где Сзд – стоимость земляной дамбы (реализация с помощью насыпи);

Срм – стоимость реализации метода.

СЗ = 333000 - 5076 = 327924 рублей.

2) Прекращение водной эрозии со стороны водного объекта приводит к сужению русла реки за счёт её естественного углубления, что в свою очередь ведёт к уменьшению водного зеркала и снижению последствий разливов. Используем данные корреляции глубины водоёмов и биопродуктивности, чтобы применить их к усредненным данным ценности рек в России по данным Минприроды и оценить повышение потенциала.

$$Спп = К \times Сво - Сво, \tag{Д5}$$

где К – коэффициент повышения биопродуктивности (20,15/3,36≈6)

Сво – стоимость водных объектов за отрезок 1 км.

Спп = 6×62000 – 62000 = 310000 рублей.

3) Уменьшение вероятности наводнений в связи с природными явлениями, также обеспечивается за счёт остановки прямого стока воды, особенно в критические моменты, вроде сильных дождей или интенсивного таяния снега. Расчёт невозможен без привязки к потенциально сохраненным активам. Однако это приводит к сохранению органических веществ на суше и фильтрации, попадаемой в водный объект жидкости, с помощью частиц твёрдой среды и корневой системы растений. Произведём суммарный расчёт эффектов остановки прямого стока:

$$Сос = Сов + Сф, \tag{Д6}$$

где Сов – стоимость сохранённых органических веществ;

Сф – стоимость фильтрации.

Сос = 25000 + 1000000 = 1025000 рублей

Стоимость сохранённых органических веществ расчитывается из объёма, который может быть единомоментно удержан (500 куб.м) и исходя из заданных ранее размеров это соответствует предельному стоку с 10 га, а беря годовой средний смыв почв в 5 т/га, т.е. 50 т удержанного вещества километровой линией, получаем, что при цене в 500 рублей за тонну она составит 25000 рублей.

Стоимость фильтрации соотносим с таковой для очистных сооружений, но с понижающим коэффициентом, ввиду меньшей загрязненности стока. Т.е. при базовых 20000 рублей за 1 куб.м. и выходной стоимости для 500 куб.м в 10 млн. рублей, примем 0,1×10000000 = 1000000 рублей.

4) Накопление и распространение органических веществ, которые в последствии могут быть распределены по трофической цепочке или использовано человеком. К основным из них относят: сухое вещество в форме древесины, листового опада и др (до 50% повышения массы ежегодно); корни, которые могут создавать различные связи с микроорганизмами и грибами, ускоряя рост их биомассы; нектаровыделение ивовых, способствующее распространению эффектов на расстояние до 3 километров (150 кг/га на десятый год). Проблемой тут является постепенность этого процесса и ускорение со временем. Пиковые значения могут быть достигнуты ивой в 100 лет, а кедром к 500, поэтому произведём расчёт только для третьего и десятого года. Беря исходную массу в 400 кг по количеству деревьев, к третьему году получим условную тонну сухого древесного вещества, а к десятому – пятнадцать тонн, что при цене щепы в 500р за тонну составит 500 рублей к третьему году и 7500 рублей к десятому. Медопродуктивность ивы на третий год оценим в 10 кг, что в денежном выражении составит 1000 рублей, для десятого года это 15000 рублей. Таким образом общий эффект составит:

$$Снр = Ссв + Сн, \qquad (Д7)$$

где Ссв – стоимость сухого вещества;

Сн – стоимость мёда.

Снр3 = 500 + 1000 = 1500 рублей

Снр10 = 7500 + 15000 = 22500 рублей

5) Деревья поглощают углекислый газ из атмосферы, что сейчас называется снижением углеродного следа и реализуется на карбоновых полигонах. Общепринятой методики расчёта поглощения на данный момент нет, но известно, что деревья в молодом возрасте используют для наращивания массы вещества из воздуха и почвы в равноценном объёме, а в процессе взросления роль воздушного питания только повышается. Т.е. используя рассчитанную стоимость «природной утилизации» углерода в 250 рублей за тонну и объёмы наращивания массы вычислим эффект поглощения:

$$Суп = Спу \times V, \qquad (Д8)$$

где Спу – стоимость «природой утилизации;

V – объём поглощения.

Суп3 = 250×0,5 = 125 рублей

Суп10 = 250×7,5 = 1875 рублей

Сводим все результаты вместе (см. рисунок Д1).

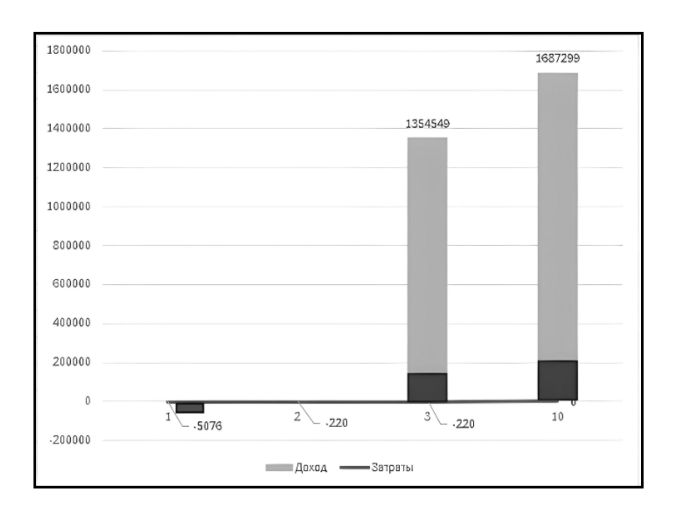


Рисунок Д1 – График с результатами расчётов

Получим, что ряд значений будет повторяемым ежегодно, а другие, со временем, наращивают показатели:

$$Сэ = СЗ+Спп+Сос+Снр+Суп, \quad (Д9)$$

где *СЗ* – снижение затрат на защиту береговой линии;

Спп – стоимость повышения потенциала биопродуктивности;

Сос – стоимость эффектов остановки прямого стока;

Снр – стоимость накопления и распространения органических веществ;

Суп – стоимость углеродного поглощения.

Сэ3 = 327924+1025000+1500+125 = 1354549 рублей

Сэ10 =327924+310000+1025000+22500+1875=1687299 рублей.

Подобные расчёты всегда носят условный характер, т.к. все показатели не только отличны для каждой ситуации, но и изменяются со временем. На примере частного случая способа «Повышение продуктивности» было показано, что при очень малых затратах на реализацию, приведенные положительные эффекты кратно выше. Хоть и не все из них можно монетизировать напрямую, но они не исчезают бесследно, а распространяются по близлежащим территориям.

По методу аналогии можно соотнести эти расчёты на другие способы: «Оазисы как точки роста», «Тупиковые водоёмы», «Насечки-воронки», «Тысяча рек». Т.е. общий экономический принцип для них состоит в малых затратах и крупных приведённых эффектах.

Расчёт проекта:

Рассмотрим модель от ГК ЮГПОЛИВ КОРОЛЁВ АГРО (см. рисунок Д2, Д3).

Финмодель: жимолость на переработку

	Направления затрат	Кол-во	Стоимость	1 год	2 год	3 год	4 год	5 год	6 год	7 год
1	**Капитальные вложения**		**10 550 000,0 ₽**	750 000,0 ₽		960 000,0 ₽	960 000,0 ₽	5 960 000,0 ₽	960 000,0 ₽	960 000,0 ₽
1.1	Земельный участок, га	10	500 000,0 ₽	500 000,0 ₽						
1.2	Хозяйственный сектор (ангар, склад удобрений)		-							
1.3	Морозильные камеры (рефконтейнер аренда)	2	4 800 000,0 ₽			960 000,0 ₽	960 000,0 ₽	960 000,0 ₽	960 000,0 ₽	960 000,0 ₽
1.4	Морозильные камеры (рефконтейнер новый)	2	5 000 000,0 ₽					5 000 000,0 ₽		
1.5	Помещение под растворный узел	1	250 000,0 ₽	250 000,0 ₽						
2	**Сельхозтехника и навесное оборудование**		**24 100 000,0 ₽**	5 250 000,0 ₽	250 000,0 ₽	18 000 000,0 ₽	0,0 ₽	600 000,0 ₽	0,0 ₽	0,0 ₽
2.1	Трактор 80лс	1	3 500 000,0 ₽	3 500 000,0 ₽						
2.2	Комбайн прицепной полгорядный	1	18 000 000,0 ₽			18 000 000,0 ₽				
2.3	Дисковая борона	1	800 000,0 ₽	800 000,0 ₽						
2.4	Опрыскиватель штанговый	1	150 000,0 ₽	150 000,0 ₽						
2.5	Опрыскиваель вентиляторный (2000л)	1	600 000,0 ₽				.	600 000,0 ₽		
2.6	Грядообразователь (аренда)	1	560 000,0 ₽	560 000,0 ₽						
2.7	Разбрасыватель удобрений РУМ (2000л)	1	240 000,0 ₽	240 000,0 ₽						
2.8	Мульчер косилка	1	250 000,0 ₽		250 000,0 ₽					
3	**Посадочный материал**	31 250	**6 250 000,0 ₽**	6 250 000,0 ₽						
3.1	Саженцы с ЗКС (в горшках р9, по схеме 4х0.8) на 1га	3 125	625 000,0 ₽	6 250 000,0 ₽						
4	**Материалы для ухода за растениями**	25 000	**1 500 000,0 ₽**	1 500 000,0 ₽						
4.1	Мульчирующая агроткань черная 80-100г/м2 на 1га	2 500	150 000,0 ₽	1 500 000,0 ₽						
5	**Система полива и накопитель**		**4 655 000,0 ₽**	4 655 000,0 ₽						
5.1	Фильтростанция и узел внесения удобрений	к-т	750 000,0 ₽	750 000,0 ₽						
5.2	Насосная станнция	к-т	470 000,0 ₽	470 000,0 ₽						
5.3	Трубопровод и крановые группы	к-т	1 250 000,0 ₽	1 250 000,0 ₽						
5.4	Капельные линии и фиттинги	к-т	685 000,0 ₽	685 000,0 ₽						
5.5	Накопитель открытый (1500м3)	1	1 500 000,0 ₽	1 500 000,0 ₽						
6	**Средства питания и защиты, опылители**		**6 690 000,0 ₽**	300 000,0 ₽	380 000,0 ₽	1 550 000,0 ₽	1 090 000,0 ₽	1 090 000,0 ₽	1 140 000,0 ₽	1 140 000,0 ₽
6.1	Удобрения для фертигации		3 540 000,0 ₽	300 000,0 ₽	380 000,0 ₽	460 000,0 ₽	600 000,0 ₽	600 000,0 ₽	600 000,0 ₽	600 000,0 ₽
6.2	Средства защиты растений		1 000 000,0 ₽			100 000,0 ₽	200 000,0 ₽	200 000,0 ₽	250 000,0 ₽	250 000,0 ₽
6.3	Шмелиные семьи (3 шт. на 1 га)	30	3 000,0 ₽			90 000,0 ₽	90 000,0 ₽	90 000,0 ₽	90 000,0 ₽	90 000,0 ₽
6.4	Отпугивание птиц (акустические, визуальные, услуги орнитолога)		1 700 000,0 ₽			900 000,0 ₽	200 000,0 ₽	200 000,0 ₽	200 000,0 ₽	200 000,0 ₽
7	**Персонал и оплата труда**		**12 212 500,0 ₽**	2 250 000,0 ₽	2 562 500,0 ₽	1 480 000,0 ₽	1 480 000,0 ₽	1 480 000,0 ₽	1 480 000,0 ₽	1 480 000,0 ₽
7.1	Сезонные рабочие (посадка)		40,0 ₽	1 250 000,0 ₽						
7.2	Сезонные рабочие (обрезка 2год, далее механизированная)		50,0 ₽		1 562 500,0 ₽					
7.3	Сезонные рабочие (сборка на комбайне)	8	200,0 ₽			480 000,0 ₽	480 000,0 ₽	480 000,0 ₽	480 000,0 ₽	480 000,0 ₽
7.4	Прополка 2 раза з сезон	10	100 000,0 ₽	1 000 000,0 ₽	1 000 000,0 ₽	1 000 000,0 ₽	1 000 000,0 ₽	1 000 000,0 ₽	1 000 000,0 ₽	1 000 000,0 ₽
8	**Прочие производственные расходы**		**9 961 200,8 ₽**	1 300 000,0 ₽	1 339 000,0 ₽	1 379 170,0 ₽	1 420 545,1 ₽	1 463 161,5 ₽	1 507 056,3 ₽	1 552 268,0 ₽
8.1	Административные расходы		250 000,0 ₽							
8.2	Транспортные расходы, горючее		700 000,0 ₽							
8.3	Оплата энергоресурсов		350 000,0 ₽							
10	**Упаковка**		**6 050 000,0 ₽**	0,0 ₽	0,0 ₽	343 750,0 ₽	1 031 250,0 ₽	1 375 000,0 ₽	1 650 000,0 ₽	1 650 000,0 ₽
10.1	Транспортная упаковка (ящики на 8-10кг), шт		220,0 ₽	0,0 ₽	0,0 ₽	343 750,0 ₽	1 031 250,0 ₽	1 375 000,0 ₽	1 650 000,0 ₽	1 650 000,0 ₽
	Урожайность с куста, кг			0,0	0,0	0,5	1,5	2,0	2,4	2,4
	Валовый сбор, кг			0	0	15 625	46 875	62 500	75 000	75 000
	Общие расходы		**81 968 700,8 ₽**	**22 255 000,0 ₽**	**4 531 500,0 ₽**	**23 712 920,0 ₽**	**5 981 795,1 ₽**	**11 968 161,5 ₽**	**6 737 056,3 ₽**	**6 782 268,0 ₽**
	Цена реализации	350,0 ₽		350,0 ₽	350,0 ₽	350,0 ₽	350,0 ₽	350,0 ₽	350,0 ₽	350,0 ₽
	Доход от реализации		**96 250 000,0 ₽**	**0,0 ₽**	**0,0 ₽**	**5 468 750,0 ₽**	**16 406 250,0 ₽**	**21 875 000,0 ₽**	**26 250 000,0 ₽**	**26 250 000,0 ₽**
	Прибыль (до вычета налогов)			**-22 255 000,0 ₽**	**-4 531 500,0 ₽**	**-18 244 170,0 ₽**	**10 424 454,9 ₽**	**9 906 838,5 ₽**	**19 512 943,7 ₽**	**19 467 732,0 ₽**
	Доходность проекта				**-26 786 500,0 ₽**	**-45 030 670,0 ₽**	**-34 606 215,1 ₽**	**-24 699 376,6 ₽**	**-5 186 432,8 ₽**	**14 281 299,2 ₽**
	Первоначальный затраты на 1 га			**2 225 500,0 ₽**						
	Доходность с 1 га (при выходе на план. урож)			**1 946 773,2 ₽**						

Рисунок Д2 – Финансовая модель по закладке плантации ГК ЮГПОЛИВ КОРОЛЁВ АГРО

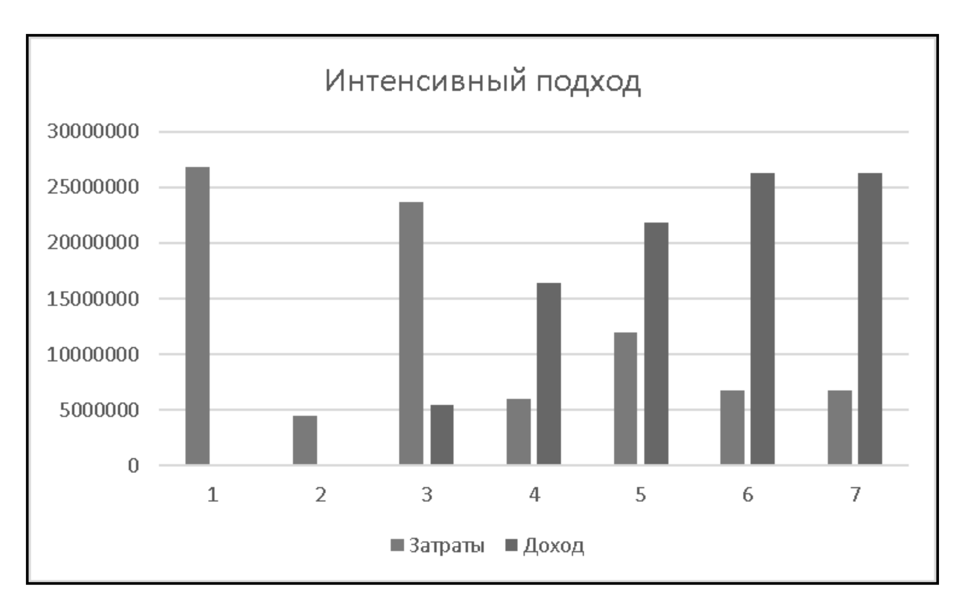


Рисунок Д3 – График затрат и доходов по годам (ИП)

Представим модель, где затраты метасистемно изменяются (см. рисунок Д4, Д5).

	Направления затрат	Кол-во	Стоимость, руб	1 год	2 год	3 год	4 год	5 год	6 год	7 год
1	**Капитальные вложения**									
1.1	Земельный участок, га	10	500000	500000						
1.2	Холодильная камера	1	350000	350000						
2	**С-х техника и навесное оборудование**									
2.1	Трактор 35 л/с	1	650000	650000						
2.2	Комбайн прицепной полурядный	1	3500000				3500000			
2.3	Дисковая борона	1	90000	90000						
2.4	Опрыскиватель штанговый 300 л	1	45000	45000						
2.5	Клык-глубокорыхлитель	1	30000	30000						
2.6	Косилка роторная	1	100000	100000						
2.7	Грабли-ворошилки	1	41000	41000						
3	**Посадочный материал**									
3.1	Саженцы собственные, инвитро дорощ.	25000	90	2250000						
4	**Преобразование территории**									
4.1	Повышение продуктивности		18000	18000						
4.2	Тысяча рек (при наличии вышестоящ. вод.)		20000	20000						
5	**Персонал и оплата труда**									
5.1	Посадка		120000	120000						
5.2	Сборка		120000				120000	120000	120000	120000
5.3	Уход		120000	120000	120000	120000	120000	120000	120000	120000
6	**Прочие расходы**			170000	170000	170000	170000	170000	170000	170000
6.1	Административные		50000							
6.2	Транспортные (горючее)		70000							
6.3	Энергоресурсы		50000							
7	**Упаковка**									
7.1	Ящики (8-10 кг)						1031250	1375000	1650000	1650000
	Суммарно:			4504000	290000	290000	4941250	1785000	2060000	2060000

Рисунок Д4 – Финансовая модель метасистемного подхода

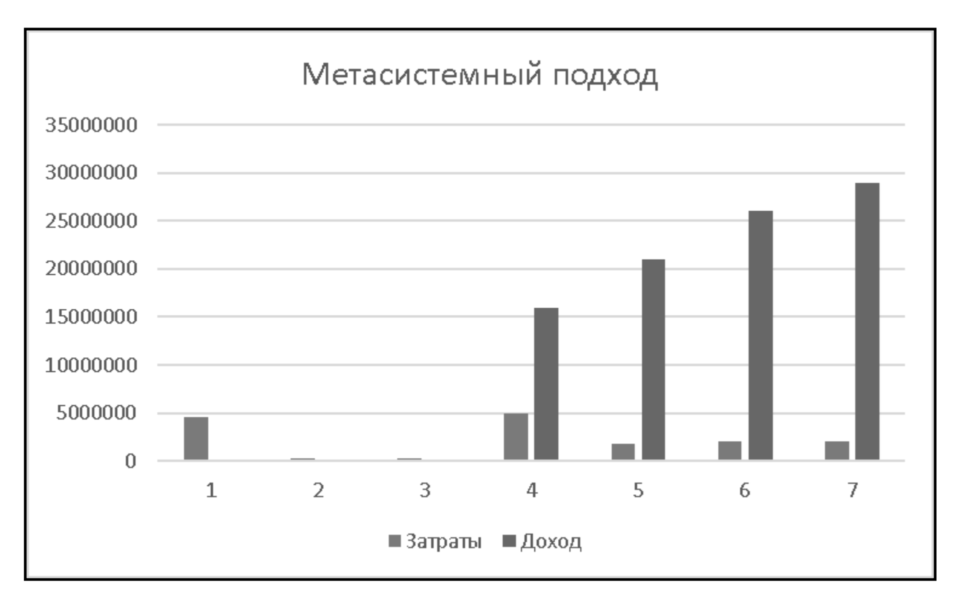


Рисунок Д5 – График затрат и доходов по годам (МП)

В качестве источников использовались данные ГК ЮГПОЛИВ КОРОЛЁВ АГРО, цены из совместно закупки на форуме Томат Помидор, цены производителя сельскохозяйственного оборудования ФермерТехника и др.

Пересчет финансовых показателей для ставки дисконтирования 30%.

1. Расчет чистого денежного потока (CF)

$$CF_t = \text{Доходы}_t - \text{Затраты}_t \qquad (Д10)$$

Таблица Д1 – ЧДП

Год	Доходы, руб.	Затраты, руб.	CF, руб.
1	0	4 504 000	-4 504 000
2	0	290 000	-290 000
3	0	290 000	-290 000
4	16 000 000	4 941 250	11 058 750
5	21 000 000	1 785 000	19 215 000
6	26 000 000	2 060 000	23 940 000
7	29 000 000	2 060 000	26 940 000

2. Расчет NPV (Чистая приведенная стоимость)

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{CF_t}{(1+r)^t} \qquad (Д11)$$

Таблица Д2 – NPV

Год	CF, руб.	Коэффициент дисконтирования (1+0,30)−t(1+0,30)−*t*	Дисконтированный CF, руб.
1	-4 504 000	1/1,301=0,7692307691/1,301=0,769230769	-3 464 615,38
2	-290 000	1/1,302=0,5917159761/1,302=0,591715976	-171 597,63
3	-290 000	1/1,303=0,4551661361/1,303=0,455166136	-131 998,18
4	11 058 750	1/1,304=0,3501277961/1,304=0,350127796	3 872 298,47
5	19 215 000	1/1,305=0,2693290741/1,305=0,269329074	5 176 892,23
6	23 940 000	1/1,306=0,2071762111/1,306=0,207176211	4 959 999,99
7	26 940 000	1/1,307=0,1593663161/1,307=0,159366316	4 294 000,00
Сумма			14 534 979,50

NPV = 14534979 руб.

3. IRR (Внутренняя норма доходности)

IRR – ставка *r*, при которой *NPV* = 0. Решается методом подбора.

Уточнение по формуле:

IRR=r1+NPV1·(r2−r1)NPV1−NPV2*IRR*=*r*1+*NPV*1−*NPV*2*NPV*1·(*r*2−*r*1)

IRR=30+6732456,75·(40−30)6732456,75−(−1045732,50)=30+67324567,507778189,25≈38,65%*IRR*=30+6732456,75−(−1045732,50)6732456,75·(40−30)=30+7778189,2567324567,50≈38,65%

IRR = 38,65%

4. Индекс прибыльности (PI)

$$PI = \frac{\sum \text{Дисконтированные доходы}}{\sum \text{Дисконтированные затраты}} \qquad (Д12)$$

Дисконтированные доходы:

Год 4: 16000000·0,350127796=5620244,7416000000·0,350127796=5620244,74

Год 5: 21000000·0,269329074=5655910,5521000000·0,269329074=5655910,55

Год 6: 26000000·0,207176211=5386581,4926000000·0,207176211=5386581,49

Год 7: 29000000·0,159366316=4621623,1629000000·0,159366316=4621623,16

Сумма: 21284359,9421284359,94

Дисконтированные затраты:

Год 1: 4504000·0,769230769=3464615,384504000·0,769230769=3464615,38

Год 2: 290000·0,591715976=171597,63290000·0,591715976=171597,63

Год 3: 290000·0,455166136=131998,18290000·0,455166136=131998,18

Год 4: 4941250·0,350127796=1730069,004941250·0,350127796=1730069,00

Год 5: 1785000·0,269329074=480752,001785000·0,269329074=480752,00

Год 6: 2060000·0,207176211=426783,002060000·0,207176211=426783,00

Год 7: 2060000·0,159366316=328298,002060000·0,159366316=328298,00

Сумма: 6734113,196734113,19

PI = 21 284 359,94/6 734 113,19 = 3,16

5. Дисконтированный период окупаемости (DPP)

Расчет DPP:

$$DPP = \text{Год до окупаемости} + \frac{\text{Непокрытый остаток}}{\text{Дисконтированный CF следующего года}} \qquad (Д13)$$

Таблица Д3 – DPP

Год	Дисконтированный CF, руб.	Накопленный CF, руб.
1	-3 464 615,38	-3 464 615,38
2	-171 597,63	-3 636 213,01
3	-131 998,18	-3 768 211,19
4	3 872 298,47	104 087,28
5	5 176 892,23	5 280 979,51

Окупаемость наступает между **3 и 4 годом**.

Непокрытый остаток после 3 года: 3768211

Дисконтированный CF за 4 год: 3872298

DPP = 3 + 3 768 211,19/3 872 298,47 = 3 + 0,973 = 3,97

DPP ≈ 4 года

Проект остается **финансово привлекательным** при ставке 30% со сроком окупаемости 4 года, *NPV*>0 (14,53 млн руб.), *IRR*>*r* (38,65% > 30%), *PI*>1 (3,16).